

Ⓟ TASCHENLEXIKON

Robotertechnik



BI-Taschenlexikon Robotertechnik

BI-Taschenlexikon

Robotertechnik

von Stefan Hesse

Zentralbibliothek
Reinberg

11 Po

87.738.

mit zahlreichen Abbildungen
sowie 24 Fototafeln

VEB Bibliographisches Institut Leipzig

Hesse, Stefan:
Robotertechnik / von Stefan Hesse. – 1. Aufl. –
Leipzig: Bibliographisches Institut, 1987. – 400,
24 S.: 180 Ill. (BI-Taschenlexikon)
ISBN 3-323-00102-8
NE: GT

ISBN 3-323-00102-8

1. Auflage

© VEB Bibliographisches Institut Leipzig, 1987

Verlagslizenz-Nr. 433-130/92/87

Printed in the German Democratic Republic

Gesamtherstellung: Grafischer Großbetrieb

Völkerfreundschaft Dresden

Lektorat: Martina Schmidt

Bildredaktion: Birgit Schnabel

Technische Redaktion: Monika Thiel

Einband und Schutzumschlag: Rudolf Uhlisch, Leipzig

LSV 3427

Best.-Nr.: 577 992 7

01500

Vorwort

In der industriellen Produktionstechnik ist die Weiterentwicklung der Fertigungstechnologie von übergeordneter Bedeutung, wodurch in den letzten Jahren eine zunehmende Wandlung in der Gestaltung und Steuerung von Fertigungsprozessen festgestellt wurde. In diesem Zusammenhang haben flexible Handhabesysteme – Industrieroboter – eine besondere Bedeutung erlangt, denn sie schließen eine Lücke im Instrumentarium der Produktionstechnik. Ihre Einsatzzahlen steigen deshalb in allen entwickelten Industrieländern progressiv an. Expertenschätzungen gehen davon aus, daß es im Jahr 2000 auf der Erde 10 bis 15 Millionen Industrieroboter geben wird. Je mehr aber Roboter in Forschung und Produktion einbezogen werden, desto größer wird der Kreis von Menschen, die aus den verschiedensten Gründen mit dieser neuen Technik konfrontiert werden und die sich rasch über häufig benutzte Begriffe Klarheit verschaffen wollen.

Dieses Buch enthält das lexikalisch geordnete Fachwissen zur Robotertechnik und will dem Informationsbedürfnis von Facharbeitern, Technikern und Ingenieuren, von Ökonomen, Studenten und auch interessierten Laien Rechnung tragen. Die Stichwörter sind sowohl roboterspezifische Termini, die erst mit dem Entstehen dieser neuen Technik auftauchten, als auch solche, die zur Antriebs-, Steuerungs- und Rechentechnik gehören, aber auch die Einsatzvorbereitung, die Planung und die peripheren Einrichtungen betreffen. Vieles aus diesen Nachbargebieten hat im Fachwortschatz der Robotertechnik inzwischen einen festen Platz gefunden und ist für das Gesamtverständnis der Handhabemaschinen erforderlich.

Da die Robotertechnik ein Teilgebiet der Handhabetechnik ist, wurden auch Begriffe der „allgemeinen“ Handhabetechnik berücksichtigt. Konventionelle Handhabetechnik ist im Zusammenhang mit dem Industrieroboter-einsatz vor allem als periphere Technik vielfältig im Einsatz und unverändert wichtig. Zur Abrundung wurden auch einige Begriffe zu Androiden sowie zur Kosmos- und Unterwasseromanipulatortechnik definiert.

Noch nicht alle Begriffe der Robotertechnik – als eines relativ neuen Fachgebiets – sind bereits einheitlich definiert. Diese endgültigen Formulierungen zu finden, wird nationale und internationale Arbeitsgremien noch längere Zeit beanspruchen. Bei der Formulierung der einzelnen Artikel habe ich mich wesentlich auf die von Prof. Dr. habil. J. Volmer herausgegebenen Bücher zur Industrierobotertechnik gestützt. Ihm danke ich auch für die mühevollen Durchsicht des Manuskripts und wertvolle Ratschläge. Weiterhin danke ich Herrn Dr.-Ing. W. Sandner für die Bearbeitung der programmierungs- und steuerungstechnischen Termini sowie den Herren Dozent Dr. sc. techn. Ing. H.-J. Gerhardt und Dr.-Ing. H. Fritzsche für die Zuarbeitung der Begriffe zur Sensortechnik.

Möge dieses Taschenlexikon den Nichtfachmann für die Robotertechnik interessieren und den Fachleuten als Informationsspeicher dienen.

Stefan Hesse

Autoren

Doz. Dr. sc. techn. Stefan Hesse
unter Mitarbeit von
Dr.-Ing. W. Sandner (Begriffe zur Steuerung),
Doz. Dr. sc. techn. H.-J. Gerhardt und
Dr.-Ing. H. Fritzsche (Begriffe zur Sensorik)

Gutachter

Prof. Dr.-Ing. habil. Johannes Volmer

Abbildungen

Hasso Seyferth, Leipzig (Textabbildungen)
Joachim Zindler, Leipzig (Schutzumschlag)

Fotografen und Archive

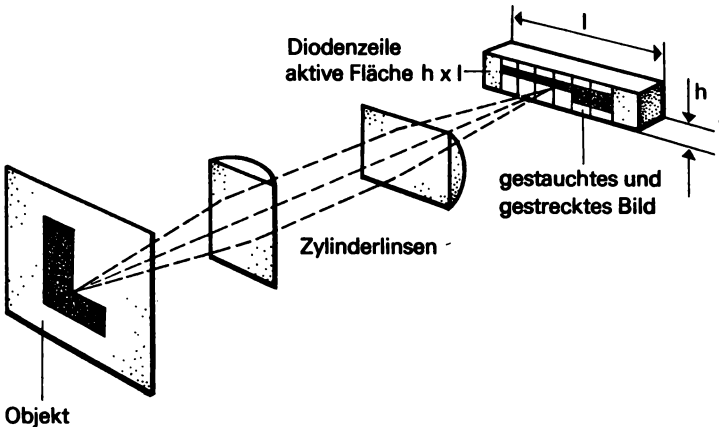
ADN-Zentralbild · ASEA, Schweden · Dieter Clauß, Berlin · De Vilbiss-GmbH, Dietzenbach · Forschungszentrum für Umformverfahren, Zwickau · Foto-Grund, Leipzig · Dr. Stefan Hesse, Plauen · KUKA, Schweißanlagen + Roboter GmbH, Augsburg · mantec, Gesellschaft für Automatisierungs- und Handhabungssysteme mbH · Wolf Frieder Miersch, Weißenfels · VEB Numerik, Karl-Marx-Stadt · VEB Orthopädietechnik, Berlin · Robotron-Rationalisierung, Weimar · VEB Schwermaschinenbau „Heinrich Rau“, Wildau · Siemens-Presseinformation · Maria Steinfeldt, Berlin · Werner Unfug, Leipzig · Unimation Inc., Heusenstamm · VEB Werkzeugmaschinenfabrik VOGTLAND, Plauen · Zentraler Ingenieurbetrieb für Metallurgie, Berlin · Zentralinstitut für Kernforschung, Rossendorf · Zentralinstitut für Schweißtechnik, Halle

Abkürzungen

Abb.	Abbildung
Abk.	Abkürzung
Aufl.	Auflage
bzw.	beziehungsweise
d. h.	das heißt
engl.	englisch
evtl.	eventuell
griech.	griechisch
hebr.	hebräisch
HHO	Handhabeobjekt
i. allg.	im allgemeinen
IR	Industrieroboter
ital.	italienisch
lat.	lateinisch
max.	maximal (-e, -er, -es)
min.	minimal (-e, -er, -es)
Mio.	Million
o. a.	oder andere(s)
o. ä.	oder ähnlich (-e, -es)
russ.	russisch
slaw.	slawisch
u. a.	und andere(s), unter anderem
usw.	und so weiter
vgl.	Vergleiche
z. B.	zum Beispiel
z. T.	zum Teil

A

Abbildung, anamorphotische: gestaltbezogene Abbildung eines Objekts mit veränderter Größe. Die a. A. dient zur Bilddatenreduktion in der Objekterkennung auf optischem Weg. Das Objekt wird über Zylinderlinsen auf die Diodenzeile einer CCD-Linienkamera projiziert. Es entsteht eine a. A. als eindimensionale Darstellung, aus der ein helligkeitsproportionales elektrisches Signal gewonnen wird. Die a. A. wird angewendet zur Lageerkennung, zur Sichtkontrolle und zum Ordnen von Objekten. Abb.

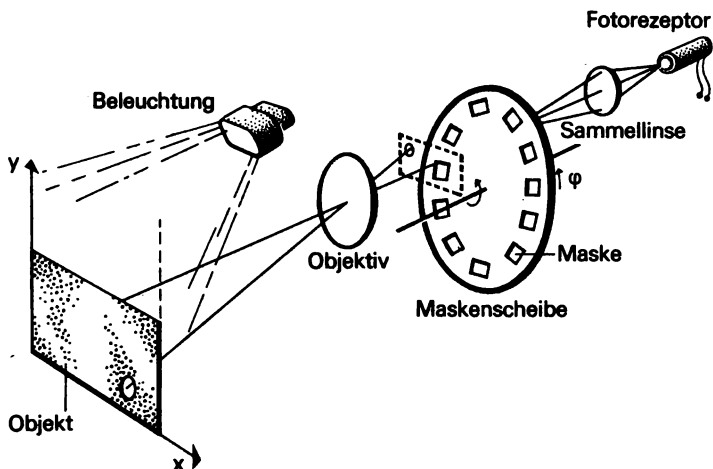


Erzeugung einer anamorphotischen Abbildung

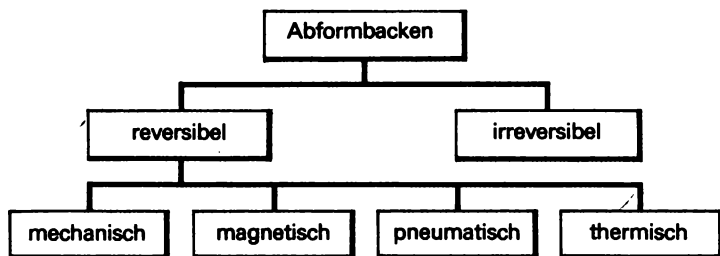
Abbildungskorrelator, Komparator: Einrichtung zur analogen Bildauswertung mit optischer Abbildung eines Objekts in eine Maskenebene und Messung des durch die Maske hindurchtretenden Lichts mit optoelektronischen Bauelementen und anschließender Schwellwertbildung. Die Masken können sowohl parallel zur Bezugskante entlang einer Linie (*linearer A.*) oder auf einem Teilkreis einer rotierenden Maskenscheibe angeordnet sein. Vgl. Maskenvergleich, Schattenwurfkorrelator, Korrelator. Abb. S. 10.

Abfahren einer Bahn: andere Bezeichnung für direkte Teach-in-Programmierung.

Abformbacken: Teile eines Zangengreifers, die sich der Kontur unterschiedlicher Werkstücke selbst anpassen. Sie verfügen über solche technische Mittel, die es ermöglichen, die Werkstückkontur vorübergehend oder ständig im Greiferbacken zu speichern. Dazu zählen z. B. A. aus niedrigschmelzenden Metallen, aus schäumbaren Plaststoffen und sich selbst einstellenden Stiften bzw. Lamellen. Zur Beurteilung der Verwendbarkeit können die Kriterien Abformzeit, -kraft, Steifigkeit, Bauvolumen, Eigenmasse, Formfestigkeit, Herstell- und Energiekosten sowie Nutzungsdauer herangezogen werden. Vgl. Abformgenauigkeit. Abb. S. 10.



Aufbau eines Abbildungskorrelators



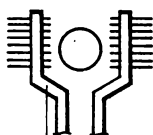
Lamellen
Stifte

Eisenpulver
magnetische
Flüssigkeiten

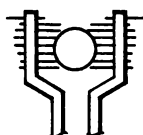
Granulat
in Verbindung
mit Vakuum

Wachs
Metall
Thermoplast

Abformen



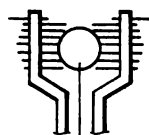
Finger



Greifen



Abformstifte



Werkstück

Gliederung und Abformvorgang bei Abformbacken

Abformgenauigkeit: Maß für die Exaktheit der Negativkontur beim Herstellen von ↗ Abformbacken oder Werkstückspeicherplätzen. Die A. hängt vor allem vom Abformmedium, -verfahren und von Werkstückparametern ab.

Abformsaugergreifer: dem Werkstück angepaßter Greifer, bei dem die Negativformen des Werkstücks durch Abformen auf Saugelemente z. B. aus Plast oder Gummi übertragen wurden. Vgl. Abformbacken, Saugergreifer.

Abfragefrequenz: 1. ↗ Positionsabfragefrequenz. – 2. ↗ Abtastperiode.

Ablagemuster ↗ Werkstückordnung.

Ablauflogik: programmierbare, logische Bedingungen für die Steuerung von Handhabeeinrichtungen, die innerhalb eines Bewegungsprogramms bei jedem Programmzyklus durchlaufen werden oder die Unterbrechungsprogramme sind, die nur bei entsprechenden Ereignissen aktiviert werden. Dazu gehören u. a. der Positionsfehlerausgleich bei Montageoperationen, prozeßbedingte Wartezeiten, die Sensorführung beim Suchen und Ordnen sowie die Achsansteuerung in kinematisch überbestimmten Handhabesystemen. Im Bewegungsprogramm enthaltene logische Bedingungen sind z. B. Funktionen für das Abarbeiten von Programmschleifen, Verzweigungen bei Mehrmaschinenbedienung oder Programmsprünge beim Wechseln von Paletten. Alle logischen Entscheidungen werden von der Steuerung aufgrund externer oder interner Ereignisse gefällt. Vgl. Funktionslogik.

Ablaufprogramm: Bestandteile eines Handhabeprogramms, die den Ablauf der Handhabeoperationen steuern. Es kann Befehle zur Realisierung von bedingten und unbedingten Programmverzweigungen (Sprung, Unterprogrammrufruf u. a.) enthalten. Vgl. Bewegungsprogramm, PC-Programm.

Ablaufprogrammierung: Programmierverfahren mit manueller Informationseingabe am Einsatzort. Bestandteile des Handhabeprogramms sind vorzugsweise solche Informationen, die den Bewegungsablauf beschreiben, wie Ansteuerbefehle für Achsen und Greifer sowie Befehle für den Informationsaustausch mit dem Prozeß. Häufig sind bei der A. Weg- und Winkelpositionen durch manuelles Einstellen von Positionsgebern zu fixieren, d. h., diese sind nicht Bestandteil des Handhabeprogramms.

Die A. wird bei relativ einfachen IR für die Beschickung und Montage angewendet.

Ablaufsteuerung: Prinzip einer automatischen Steuerung, bei der die Ausführung aller in einem Schritt bzw. Satz programmierten Befehle gemeldet (quittiert) sein muß, bevor der nächste Programmschritt aufgerufen wird.

Abschaltkreis: Variante der Bewegungssteuerung, bei der der Antrieb einer Bewegungseinheit abgeschaltet wird, wenn die Bewegung beendet werden soll. Ein A. kann als offener oder als geschlossener Wirkungsweg ausgeführt werden. Beim offenen Wirkungsweg erfolgt keine Rückmeldung über den erreichten Bewegungszustand an die Steuerung. Der A. wird z. B. zur Abschaltung des Achsrufbefehls nach einer definierten Zeit, innerhalb der sich die Bewegungseinheit bis zu einem Anschlag bewegt haben muß, angewendet; weiterhin bei Schrittmotoren, bei denen das Abschalten nach Ablauf einer vorgegebenen Impulzzahl erfolgt.

Beim geschlossenen Wirkungsweg wird der Bewegungszustand als aktueller

Weg- bzw. Winkelwert über ein Wegmeßsystem oder als Istzustand über einen Positionsgeber an die Steuerung rückgemeldet und die Abschaltung erfolgt in Auswertung des Soll-Ist-Vergleichs ($\nearrow$ Vergleicher).

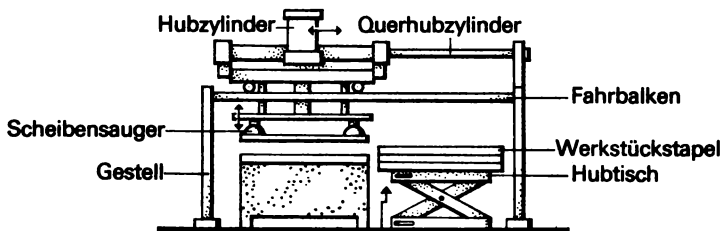
A. sind steuerungstechnisch relativ einfach zu realisieren. Nachteilig ist, daß nach dem Abschalten eine mögliche weitere Bewegung der Achse infolge mechanischer Trägheit ungesteuert verläuft. Eine Verringerung bzw. Vermeidung des hieraus resultierenden Positionierfehlers ist durch Vorabschaltung sowie durch Berücksichtigung eines $\nearrow$ Vorhaltbereichs möglich. Vgl. Lageregelkreis, Zeitplansteuerung.

Absolutbewegung: Bewegung eines Punktes oder Körpers gegenüber einem als ruhend angesehenen Bezugssystem. Vgl. Bewegung, Führungsbewegung, Relativbewegung.

Absolutkoordinaten: auf die Basis bzw. Standfläche eines IR bezogene Koordinaten, mit denen sich seine Armbewegung mathematisch beschreiben läßt. A. werden auch als Basiskoordinaten bezeichnet. Die Positionsangabe erfaßt hierbei den Ortsvektor r , der von der Manipulatorbasis aus auf den Greifermittelpunkt hinweist. Dieser Punkt ist der Ursprung eines zweiten orthogonalen Koordinatensystems, das die Orientierung der Hand beschreibt. Durch eine $\nearrow$ Koordinatentransformation lassen sich entsprechende $\nearrow$ Armkoordinaten, d. h. Gelenkwinkelangaben, zuordnen, die definierten Zuständen der Hand entsprechen, und umgekehrt.

Abstandssensor: Sensor, dessen Ausgangssignal eine Information über den Abstand des Sensors zu einem ausgewählten Objekt im Arbeitsraum des Automatisierungsmittels enthält. A.en dienen z. B. der definierten Annäherung des Greifers eines IR an ein aufzunehmendes Werkstück bzw. Werkzeug oder der Einhaltung eines definierten Abstands zwischen Werkzeug und Werkstück, wie dies für die Fugenverfolgung beim automatisierten Lichtbogenschweißen erforderlich ist. Vgl. Fugensucher, Positioniersensor, Prozeßsensor.

Abstapeleinrichtung: einfacher Manipulator, der z. B. mit einem Saugergreifer gestapeltes Arbeitsgut, vorzugsweise Platten und Tafeln, stückweise abnimmt und einer Förderstrecke oder Arbeitsstelle übergibt. Da sich die Stapelhöhe ständig ändert, müssen Stapel oder Greifer ständig auf eine neue Abnahmehöhe eingestellt werden. IR lassen sich ebenfalls als A.en verwenden. Vgl. Aufstapeleinrichtung. Abb.

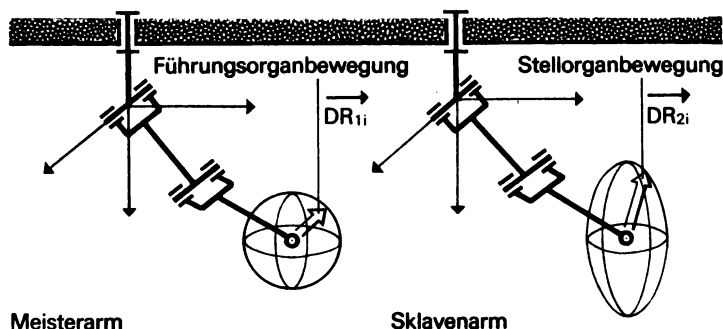


Abstapeleinrichtung

Abtastperiode: Zeitdauer, z. B. 12,5 ms, nach der die IR-Steuerung eines im direkten Teach-in-Verfahren zu programmierenden IR die Wegmeßsysteme der Bewegungsachsen abfragt. Die gemessenen Koordinatenwerte werden Punkt für Punkt abgespeichert. Vgl. Positionsabfragefrequenz, Teach-in-Programmierung, direkte.

Abweichungskoeffizient: Koeffizient zur Bewertung der Übereinstimmung von Führ- und Stellorganbewegungen bei ↗ Master-Slave-Manipulatoren.

Der A. wird mit der Gleichung $K = \sum_i^n \cos a_i / n$ ermittelt, wobei a_i der von DR_{1i} und DR_{2i} eingeschlossene Winkel ist. Wenn keine Proportionalität vorhanden ist, ruft eine Bewegung DR_1 der steuernden „Meisterhand“ (ihres als Pfeil dargestellten Endpunkts) an der ausführenden „Skavenhand“ eine Bewegung DR_2 von anderer Größe hervor. Abb.



Abweichungskoeffizient bei Master-Slave-Manipulatoren

Abzweigen: besondere Form des ↗ Weitergebens bzw. Handhabeoperation, mit der das Bewegen eines HHO zum Aufteilen eines Stromes derselben bezeichnet wird. Das A. wird durch Weichen, Einzel- oder Gruppensperren und Schieber realisiert, wobei Weichen auch selbstschaltend arbeiten können. Sie werden dann von durchlaufenden Werkstücken umgeschaltet.

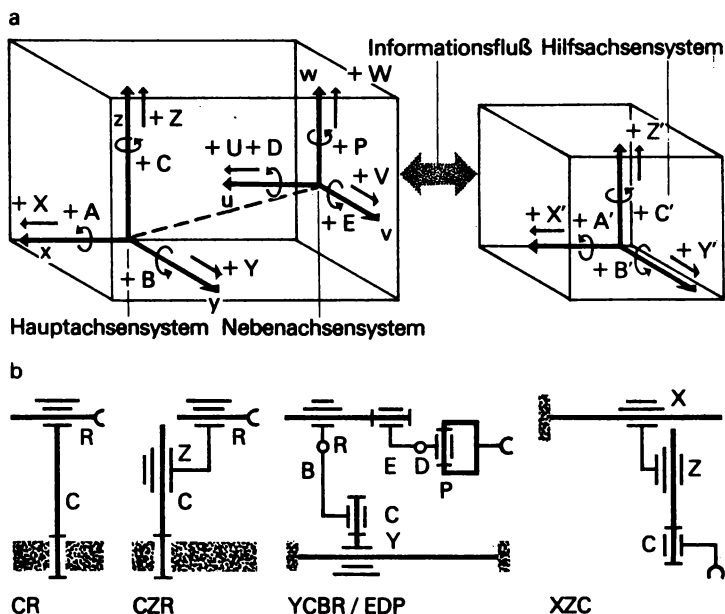
AC [engl.]: Abk. für *adaptive control*. ↗ Steuerung, adaptive.

ACC [engl.]: Abk. für *adaptive control constraint*. Vgl. Grenzwertregelung, Steuerung, adaptive.

Achsbefehl, Achsadresse: Befehl zum Aufruf einer Bewegungsachse. Der A. wird häufig, insbesondere bei numerischen Steuerungen, durch ein alphabetisches Zeichen gebildet, z. B. X, Z, C, A. Dem A. folgt entweder ein Befehl zur Verfahrrichtung – bzw. dieser ist mit dem A. kombiniert – und bzw. oder ein ↗ Sollwert.

Achse ↗ Bewegungsachse.

Achsenbezeichnung: Kennzeichnung der ↗ Bewegungsachsen eines IR mit Buchstaben. Zweckmäßigerweise wird zwischen Haupt-, Neben- und Hilfsachsen unterschieden (Abb. a). Die Hauptachsen repräsentieren die



Achsenbezeichnung: Bezeichnung von Bewegungsachsen; a Haupt-, Hilfs- und Nebenachsen, b Strukturkurzbezeichnungen (Beispiele)

Grundbauart des Roboters und bestimmen im wesentlichen dessen $\nearrow$ Arbeitsraum. Die Nebenachsen betreffen i. allg. das Greifersystem und werden auch als Handachsen bezeichnet. Die Hilfsachsen sind die von der IR-Steuerung aus bedienten Bewegungsachsen in peripheren Einrichtungen ($\nearrow$ Peripherie). Die Hilfsachsen werden mit einem Indexstrich gekennzeichnet. Die A.en werden in den einzelnen Ländern nicht einheitlich verwendet. Im allgemeinen gilt:

- A Drehung um die x -Achse im kartesischen Koordinatensystem oder beliebige Bewegung, bevorzugte Drehung;
- B Drehung um die y -Achse im kartesischen Koordinatensystem oder um einen Höhenwinkel in einem Kugelkoordinatensystem;
- C Drehung um die z -Achse im kartesischen bzw. zylindrischen Koordinatensystem oder um einen $\nearrow$ Azimutwinkel im Kugelkoordinatensystem;
- D Drehung um die Parallelachse zu X oder um die R -Achse eines Zylinder- oder Polarkoordinatensystems;
- E Drehung um die Parallelachse zu Y eines kartesischen Koordinatensystems oder um die Horizontalachse rechtwinklig zur R -Achse eines Zylinder- oder Polarkoordinatensystems;

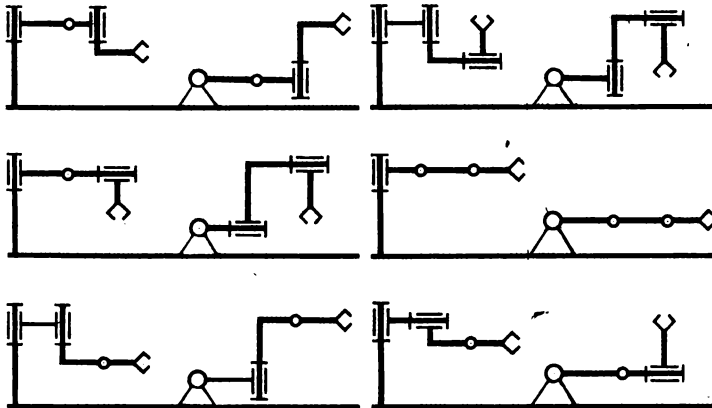
- F Vorschub, Bahngeschwindigkeit oder die Zeit für die Bewegung zwischen zwei Bahnpunkten, auch Schwenk- oder Gierbewegung des Greiffers;
- P Drehung um die Parallelachse zu Z eines kartesischen oder zylindrischen Koordinatensystems oder um eine Achse rechtwinklig zur R-Achse eines Polarkoordinatensystems;
- Q frei verfügbare oder vorzugsweise zweite schwenkbare Linearachse;
- R Radialbewegung rechtwinklig zur Z-Achse eines Zylinderkoordinatensystems oder auf einer Geraden durch den Ursprung eines Kugel- bzw. Zylinderkoordinatensystems;
- U Linearbewegung parallel zu X oder beliebige Bewegung;
- V Linearbewegung parallel zu Y oder beliebige Bewegung;
- W Linearbewegung parallel zu Z oder beliebige Bewegung;
- X Linearbewegung parallel zur x-Achse eines kartesischen Koordinatensystems;
- Y Linearbewegung parallel zur y-Achse;
- Z Linearbewegung parallel zur z-Achse;

Für die Kurzbezeichnung der kinematischen Strukturen kann wie folgt verfahren werden:

- Haupt- und Nebenachsen werden durch Schrägstrich getrennt,
- parallele Anordnungen werden in runde Klammern gesetzt,
- parallele Zweige werden durch ein Pluszeichen voneinander getrennt;
- Hilfsachsen werden in eckigen Klammern angehängt.

Anwendungsbeispiele zeigt die Abbildung (Abb. b). Bei Wand- oder Deckenbefestigung ist die Bezeichnung sinngemäß mit gedrehtem Koordinatensystem vorzunehmen. Abb.

Achsenkonfiguration: topologische Aufeinanderfolge von $\nearrow$ Bewegungsachsen und ihre Relativlage in einer $\nearrow$ kinematischen Kette. Abb.



Beispiele für Achsenkonfigurationen

Achsensteuerung: Art und Weise, mit der die Verfahrbewegungen der Bewegungseinheiten bei einem mehrachsigen IR ausgeführt werden, um das Arbeitsorgan des IR von einem Ausgangspunkt in einen Zielpunkt zu positionieren. Werden die Bewegungseinheiten nacheinander verfahren, so ist die Positionierdauer am längsten. Bei simultaner Bewegung können die Bewegungseinheiten jeweils mit gleicher Maximalgeschwindigkeit verfahren werden. Sie beenden dann ihre Bewegungen i. allg. zu ungleichen Zeiten. Es ist aber auch möglich, alle Bewegungen gleichzeitig beginnen und enden zu lassen, was i. allg. eine Berechnung der Verfahrgeschwindigkeiten proportional zur Positionsdifferenz in den Achsen erfordert.

Achskoordinaten $\rightarrow$ Armkoordinaten.

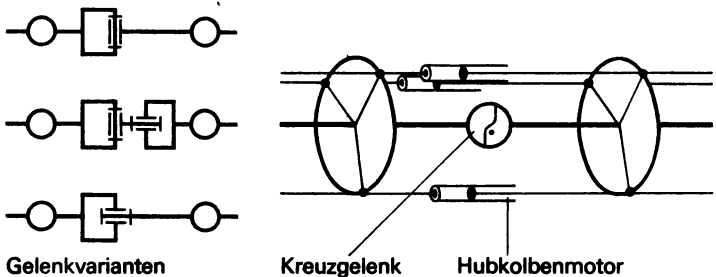
Achsregelkreis: 1. $\rightarrow$ Lageregelkreis. – 2. $\rightarrow$ Servoantrieb.

Achsversatz: Abstand zwischen $\rightarrow$ Bewegungsachsen eines IR, die sich nicht schneiden, sondern sich kreuzen, d. h. in einem Abstand voneinander verlaufen. Der A. kann die Echtzeit-Koordinatentransformation ($\rightarrow$ Koordinatentransformation), d. h. den $\rightarrow$ Echtzeitbetrieb, sehr erschweren oder unmöglich machen.

Achtspur-Lochstreifen, Lochstreifen: standardisierter Lochstreifen von 25,4 mm Breite, der am häufigsten für numerische Steuerungen verwendet wird. Er besteht aus Papier oder Kunststoff und hat acht parallel zur Bezugskante verlaufende Signalspuren. Je nach Art des Codes werden 7 oder 6 Spuren als Informationsspuren und eine Spur für die Paritätsprüfung ($\rightarrow$ Prüfbit) benutzt.

Active-Cord-Mechanismus: schlangenartiger ferngesteuerter Roboter, der sich mit einer Geschwindigkeit von 0,45 m/s bewegt und die Beweglichkeit eines Elefantenrüssels oder der Tentakel von Kopffüßern hat. Der A. wurde von den japanischen Wissenschaftlern *Y. Umetani* und *S. Hirose* entwickelt. Sein Einsatz ist für Feuerlöscharbeiten, für die Reinigung von Kanälen und bei entsprechend kleiner Bauweise auch für die Magen Chirurgie vorgesehen. Abb.

Adapter: Hilfsvorrichtung zum mechanischen und bzw. oder elektrischen Anschluß von Bauteilen bzw. Geräten mit normalerweise nicht übereinstimmenden Koppellementen. Anwendungsbeispiele sind der Anschluß ei-



Aufbau des Active-Cord-Mechanismus

nes Greifers an einen Roboterarm, der Anschluß eines mehrpoligen Steckers an ein Gerät u. a. Vgl. Handhabeadapter, Interface.

Adaption: Anpassung eines Systems oder Elements an eine Umwelt, um Eigenschaften oder Zustände des Systems in dieser zu optimieren.

Adaptionsfläche: für einen Greiferwechsel vorbereitete Anschlußfläche an einem Greifer bzw. einer Werkzeughalteeinrichtung. Erforderliche Energie- und Informationsleitungen werden in die A. integriert. Vgl. Wechselflansch, Wechselgreifer.

Adaptivsteuerung → Steuerung, adaptive.

ADC [engl.]: Abk. für *analog digital converter*. → Analog-Digital-Wandler.

Adgesochod [russ.]: sechsbeiniger Schreitroboter mit Druckluftantrieb, dessen „Füße“ mit magnetischer Flüssigkeit gefüllt sind. Er dient der visuellen Kontrolle von Metalloberflächen, z. B. in-Rohrsystemen. Flüssigmagnete werden im Magnetfeld fest, so daß bei Zuschaltung des Magnetfeldes die Füße auf der tragenden Fläche haften. Durch eine symmetrische Konstruktion des Schreitapparates kann der A. in jeder beliebigen Richtung über eine ferromagnetische Fläche laufen.

Adhäsionsfolie: Haftfolie, die durch die zwischenmolekularen Kräfte des aufgetragenen Haftklebers HHO durch Stoffpaarung vorübergehend hält. Mit A. können Greiferbacken und Werkstückspeicherflächen, aber auch Förderbänder (Adhäsionsband) belegt werden.

Adhäsivgreifer: Haftgreifer, bei dem das Haften eines HHO am Greiforgan durch zwischenmolekulare Kräfte erreicht wird; dazu können z. B. Haftklebstoffe, Fett oder Klebebänder verwendet werden. Der Anteil der A. an der Gesamtmenge der eingesetzten Greifer ist gering.

Adreßbuchstaben: in → NC-Kodes verwendete Buchstaben als Zeichen zur Definition von Befehlen oder Befehlstypen; z. B. für den Achsaufwurf bei einem IR.

A. werden in Anlehnung an den Programmaufbau für NC-Werkzeugmaschinen i. allg. mit folgenden Bedeutungen verwendet: A, B, C, D, E, P Drehachsenbezeichnungen, U, V, W, X, Y, Z Schubachsenbezeichnungen, Q, R schwenkbare Schubachsen (Radialachsen), S, T beliebige Achsen, F Verfahrgeschwindigkeit, G Weg- und Zeitbedingungen, H Hilfsbefehle, I, J, K Interpolationsparameter, L Unterprogrammnummer, M Zusatzfunktion, N Satzadresse, V mitunter für Variablengenerierung.

Adreßbus: Verbindungsleitungen zum Übertragen der Adressen des Empfängers derjenigen Daten, die der Datenbus überträgt. Der A. kann die Adresse des nächsten Befehls, eines im Speicher vorliegenden Wertes oder eines Gerätes übertragen. Vgl. Bus.

Adresse: eindeutige Bezeichnung (→ Wort) für die Quelle, den Zielort, den Übertragungskanal und bzw. oder den Speicherplatz einer Information. Vgl. Adreßbuchstaben.

ADU: Abk. für *Analog-Digital-Umsetzer*. → Analog-Digital-Wandler.

AD-Wandler → Analog-Digital-Wandler.

AI [engl.]: Abk. für *artificial intelligence*. → Intelligenz, künstliche.

Aiken-Kode: dezimal-binärer → Kode, bei dem zur Darstellung der Dez.

Kodewort	Wert	Kodewort	Wert
0000	0	1000	Pseudotetraden
0001	1	1001	
0010	2	1010	
0011	3	1011	5
0100	4	1100	6
0101	Pseudotetraden	1101	7
0110		1110	8
0111		1111	9

Tetradenzuordnung beim Aiken-Kode

malziffern 0,1 bis 4 dieselben Kodewörter verwendet werden, wie beim dezimal-dualen Kode. Die Dezimalziffern 5, 6 bis 9 werden dagegen durch die Tetraden 1011 bis 1111 verschlüsselt. Die mittleren 6 Tetraden sind Pseudotetraden. Abb.

Aktionsbefehl: häufig gewählte Bezeichnung für bestimmte Befehlstypen in einem Handhabeprogramm.

A. sind meist Schaltbefehle an die Handhabeeinrichtung (z. B. „Greifer schließen“), bzw. an den Prozeß (z. B. „Kühlmittel zuschalten“). Vgl. Prozeßkommunikation.

Aktionsbildsensor: Sensor, der seinen Abstand, z. B. von einem Punktraster, mißt, um ein Objekt zu erkennen bzw. zur Navigation. A.en messen Wege nach der Art der Trigonometrie des Dreiecks oder der Feststellung von Laufzeiten für Licht- bzw. Schallsignale. Anhand dieser Signale kann der Weg eines Roboters gesteuert werden.

Aktionssteuerung ↗ Prozeßkommunikation.

Aktor, Aktuator: Einrichtung zum Ausführen einer Bewegung. A.en können Stell- und Übertragungsglieder, Ausführungsorgane u. a. sein.

aktuelle Zustandsgröße: mathematisch-physikalische Größe zur quantitativen Beschreibung von Eigenschaften automatisch zu steuernder Prozesse oder von Eigenschaften einzelner Prozeßelemente, deren aktueller Wert prozeßbedingten Unbestimmtheiten unterliegt. Die a. Z. sind z. B. die Lagekoordinaten des Mittelpunkts eines rotationssymmetrischen Werkstücks.

AL [engl., Abk. für *assembly language*]: von ↗ ALGOL abgeleitete höhere ↗ Programmiersprache für IR mit allgemeinen und ausgeprägten roboterspezifischen Anweisungen. Sie wurde 1974 vom Artificial Intelligence Laboratory der Stanford University (USA) entwickelt.

Das Gesamtsystem gliedert sich in AL-Parser, AL-Compiler, AL-Interpreter, AL-Testsystem ALAID, interaktive Komponente POINTY zur Erarbeitung des Umweltmodells und Grafikpaket ACRONYM als Simulationssystem.

Beispiel: *PLANE P1*;
 SEARCH YELLOW;
 ACROSS P1
 WITH INCREMENT = 3 * SM
 REPEATING
 BEGIN
 FRAME SET;
 SET ≤ - YELLOW;
 MOVE YELLOW TO * - Z ON FORCE (Z) 3000 * DYNES
 DO TERMINATE;
 MOVE YELLOW TO SET DIRECTLY;
 END;

ALFA [engl., Abk. für *a language for automation*]: Programmiersprache für IR, die vor allem für Transferaufgaben 1974 von General Telephone (USA) entwickelt wurde und über einen Trackingbefehl (↗ Tracking) zur Handhabung an asynchronen Fördereinrichtungen verfügt.

ALGOL [engl., Abk. für *algorithmic language*]: Programmiersprache für die problemorientierte Formulierung von wissenschaftlich-technischen Rechnungen. Es werden 3 Darstellungsarten unterschieden: die Bezugs-, die Veröffentlichungs- und die Maschinensprache, die von 1958/60 von einer US-amerikanisch-europäischen Gruppe in Zürich (Schweiz) entwickelt wurde. Eine davon abgeleitete, an IR angepaßte Programmiersprache ist ↗ AL.

Algorithmentheorie: Theorie der Konstruktion, der Bewertung, der Synthese und der maschinellen Realisierung von ↗ Algorithmen. Die A. dient der Erforschung und Bestimmung der logischen Schritte, die im informationellen Prozeß eines Systems gewährleisten, daß einer bestimmten Eingangsfunktion von Elementen richtige Ausgangsinformationen zugeordnet werden.

Algorithmus: Vorschrift, die einen Ablauf bis in alle Einzelheiten eindeutig festlegt, also genau angibt, welcher nächste Schritt auszuführen ist oder ob das Verfahren abgebrochen werden muß. Grundsätzlich kann jeder A. durch einen Rechenautomaten abgearbeitet werden.

Alpha: 2 t schwerer Roboter aus dem Jahre 1932. Er konnte aufstehen, sich hinsetzen, sprechen, pfeifen, singen, schießen und seine Hände bewegen. A. diente als Jahrmarktsattraktion.

alphanumerische Darstellung ↗ Kode, alphanumerischer.

AMFR, AMF: Abk. für *automatische Maschinenfließreihe*.

AML [engl., Abk. für *a manipulator language*]: 1981 in den USA entwickelte Programmiersprache von IBM für Manipulatoren.

Analog-Digital-Wandler, ADC, ADU, AD-Wandler: Schaltungsanordnung (↗ Wandler), die in stetiger Form vorliegende analoge Eingangssignale in digitale Ausgangssignale wandelt (↗ Digitalisierung). Für den umgekehrten Fall wird ein ↗ Digital-Analog-Wandler benötigt.

Das Funktionsprinzip eines A. hängt weitgehend vom Informationsparameter des umzusetzenden Signals ab. Häufig sind Gleichspannungssignale umzusetzen, da sich viele Meßgrößen in diese umwandeln lassen. Dann arbeiten die A. meist als Sägezahn- oder Stufenumsetzer.

analoge Darstellung: Darstellung einer Variablen mit Hilfe einer physikalischen Größe. Die a. D. erfolgt so, daß jeder Wert der physikalischen Größe innerhalb eines vorgegebenen Bereiches eindeutig einem Wert der darzustellenden Variablen zugeordnet werden kann.

Analoghandlinggerät ↗ Lastarmmanipulator.

Analogmechanismus: Teil der Steuerung eines ↗ Master-Slave-Manipulators, der ein verkleinertes, kinematisches Modell des Manipulators darstellt. Der A. ist z. B. mit Potentiometern für die Vorgabe von Sollpositionen ausgestattet. Der vom ↗ Operateur nach Sicht bewegte A. befindet sich im Steuerstand und wird durch eine Handsteuereinheit angesteuert. Die Steuerung des Greifers erfolgt über einen ↗ Handsteuergriff.

Analogsensor ↗ Berührungssensor, analoger.

Analyse, kinematische: Ermittlung kinematischer Parameter, wie Weg, Geschwindigkeit und Beschleunigung von Gliedern oder Punkten eines gegebenen Getriebes. Mit der k. A. werden Kenntnisse über typische Bewegungsverhältnisse erlangt.

Analyse, kinetostatische: Ermittlung der Belastung von Gliedern und ↗ Gelenken mechanischer Systeme, z. B. Getriebe, infolge der eingepprägten Kräfte und der Trägheitskräfte. Dazu werden die Glieder i. allg. als idealisierte starre Körper betrachtet.

anamorphotische Abbildung ↗ Abbildung, anamorphotische.

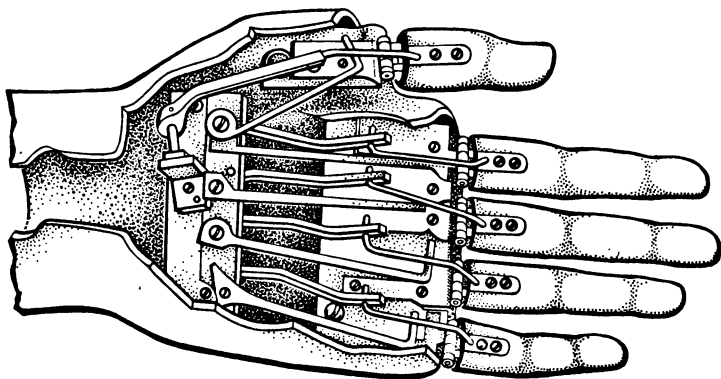
Anbauroboter ↗ Industrieroboter, maschinenintegrierter.

Android [gr., andros = Mann, eidos = ähnlich]: sich aus eigener Kraft bewegender Automat in Menschengestalt, auch künstlicher Mensch genannt. A.en werden mehr oder weniger perfekt seit der Antike, meist zum Zweck der Schaustellung, auch im Kultbereich, angefertigt. Während im Mittelalter Massstücke und vor allem Federwerke als Antrieb dienten (anthropomorpher ↗ Schreibautomat, anthropomorpher ↗ Zeichenautomat), wurden später auch Elektroantriebe und Steuerelektronik eingesetzt (↗ Alpha, ↗ ARS, ↗ SABOR). Auch ein moderner IR wäre als A. zu bezeichnen, wenn er eine menschenähnliche Gestalt bekäme. Vgl. Roboter, Science-Fiction-Roboter.

Androidenhand: selbständige, programmgesteuerte Einheit mit 3 bis 5 Fingern. Die Konstruktion ist weitgehend nach den Massen und Kräften des menschlichen Organismus ausgerichtet, insbesondere sind die Feingliedrigkeit der Bewegungen und die Dynamik der Bewegungsabläufe dem natürlichen Vorbild angepaßt. Die einzelnen Finger und Handteile werden über Gestänge oder Seilzüge, sogenannte Sehnen, gegeneinander verschoben. Schalt- und Antriebselemente sind i. allg. im Unterarm untergebracht.

Für die industrielle Arbeit, bei der etwa 90% aller vorkommenden Griffe mit einer Dreifingerhand ausgeführt werden können, wird eine Fünffingerhand nicht benötigt. In letzter Zeit wurden in Japan und Großbritannien Androidenhände nach neuen Konstruktionsprinzipien und mit neuartigen Werkstoffen entwickelt. Abb.

Andrückvorrichtung: externe, mitunter auch in den Greifer eingebaute Einrichtung zum mechanischen Anpressen eines von einem IR gehandhabten Werkstücks gegen die Bestimmelemente einer Spanneinrichtung. Damit



Androidenhand: Handmechanik der „Musikerin“, ein Cembalo spielender Android von *Jaquet-Droz* (Vater und Sohn) und *J.-F. Leschot* (1774)

wird eine spielfreie Anlage der Teile, z. B. am Drehfuttergrund, abgesichert, ehe das ↗ Spannen erfolgt.

Anfahren und Speichern: Programmierverfahren mit Informationseingabe am Einsatzort des IR, bei dem zusätzlich zur ↗ Ablaufprogrammierung auch Weg- und Winkelsollwerte in die Steuerung eingegeben werden. Die Bewegungen werden beim Programmieren in der geforderten Aufeinanderfolge ausgeführt, und dabei werden Schritt für Schritt die Befehle und die Sollwerte gespeichert. Das Speichern kann manuell durch Einstellen auf einem Programmierfeld oder automatisch mit Hilfe einer Tastenbetätigung erfolgen. Im letzteren Fall handelt es sich um indirektes ↗ Teach in.

Anfahrgeschwindigkeit, Anfahrverhalten: Bezeichnung für die Geschwindigkeits-Zeit-Funktion einer Bewegungseinheit im Moment des Anfahrens bis zum Erreichen der max. Sollgeschwindigkeit. Die A. sollte weitgehend stoß- und ruckfreies Anfahren einer Bewegungseinheit ermöglichen um die Ausrüstung zu schonen und kurzzeitige Überlastungen zu vermeiden.

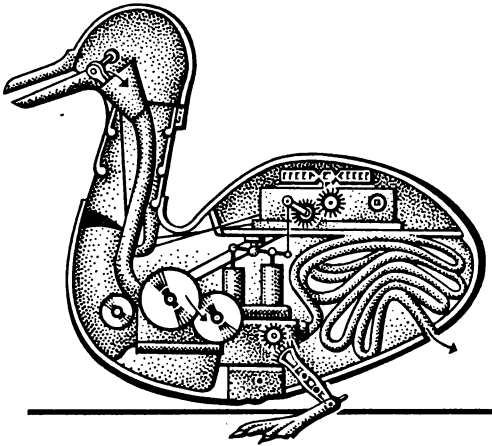
Anfahrprogramm ↗ Warmlaufprogramm.

Anfahrverhalten ↗ Anfahrgeschwindigkeit.

Anfangskonfiguration ↗ Konfiguration.

Animaloid: Automat in Tiergestalt. Ein bekannter A. war u. a. ein von *J. Vaucanson* (1709 bis 1792) hergestellter programmgesteuerter Erpel. Dieser hatte Flügel, die jeweils aus 400 Teilen bestanden haben sollen. Insgesamt sollen es 1000 Einzelteile gewesen sein. Er watschelte, schlug mit den Flügeln, schnatterte, trank Wasser und pickte Körner, die er zur Täuschung auch als entengemäßes Abfallprodukt wieder ausschied. A. befinden sich in vielen Kunstsammlungen. Sie stammen vorwiegend aus der Renaissance und dem Barock, als den Blütezeiten mechanischer Spiel- und Triebwerke. Abb. S. 22.

Animation: übersichtliche Wiedergabe von Vorgängen durch bildhafte Dar-



Animaloid:
Künstliche Ente
von Vaucanson

stellung ihrer markantesten Zustandsänderungen in trickfilmähnlicher Weise, z. B. auf einem Schwarzweiß- oder Farbbildschirm. Dazu generiert ein Simulationsprogramm Daten, aus denen das A.sprogramm Bilder erstellt, die die simulierte Einrichtung, z. B. einen IR-Arbeitsplatz, und die nacheinander ablaufenden Ortsveränderungen beweglicher Systemkomponenten, z. B. Roboterarme, Werkstücke, mobile Werkstückspeicher, wirklichkeitsähnlich wiedergeben. Die A. dient vor allem der Vorabprüfung von Projekten.

Ankerstromregelkreis: Regelkreis, der zur Begrenzung von elektrischen Strömen und damit Verfahrbeschleunigungen von IR-Bewegungseinheiten häufig in Verbindung mit Gleichstromstellmotoren eingesetzt wird. Vgl. Kaskadenregelung.

Anlaufverhalten: Prüfgröße für IR, die dessen Verhalten bei seiner Inangsetzung nach einem längeren Stillstand charakterisiert und die thermische Positionsabweichung, die Anlaufzeit und den Synchronisationsfehler enthält.

Anmerkung, Kommentar: Bezeichnung für Informationen in einem Programm, die nicht zur Abarbeitung, sondern zur Erläuterung, Kennzeichnung u. a. dienen. Sie werden im Programm gespeichert und sind z. B. bei der Darstellung als Programmtext mit ausgedruckt, haben aber keine Bedeutung für die Abarbeitung in der Steuerung. Im $\nearrow$ NC-Kode werden A.en von runden Klammern () begrenzt.

Anpaßprogramm, PMC-Programm: Programm, das die die Informationsverarbeitung betreffenden Funktionen einer Anpaßsteuerung realisiert.

Anpaßsteuerung, Anpaßteil: Schaltungsanordnung zur Ergänzung solcher Funktionen, die in der konkreten IR-Steuerung, vor allem für den technologischen Prozeß, nicht vorhanden sind. Das betrifft einerseits logische Verknüpfungen, Informationsrangierung (Zuordnung von Signalen zu Anschlüssen) und Zuordnung von Variablen zu Befehlen der Handhabepro-

gramme, andererseits die Pegel- und Leistungsanpassung von Ein- und Ausgabeinformationen. Der erstgenannte Aufgabenkomplex wird in modernen Mikrorechnersteuerungen vorzugsweise durch eine PMC ($\nearrow$ Anpaßprogramm), realisiert. Vgl. Leistungsteil, PEAS, Prozeßkommunikation.

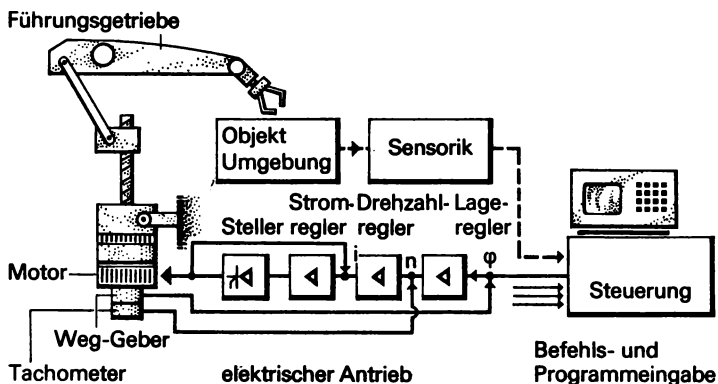
Anschlagpositionierung, Anschlagsteuerung: Positionierung für einfache Handhabeeinrichtungen, bei der die Bewegungen durch Anschläge mechanisch begrenzt werden. Die Informationsträger sind linien- oder kreisförmig angeordnet und haben die Form von Leisten, Scheiben oder Trommeln mit festen, einstellbaren oder feineinstellbaren Anschlägen.

Anschlußsteuerung, Anschlußsteuermodul: Baugruppe, die zum Anschluß eines peripheren Geräts oder einer peripheren Baugruppe (*Tableau, Ein- bzw. Ausgabe-Baugruppen*), oder zum Anschluß von Wegmeßsystemen (*Meßwertaufbereitung*), von Antriebsstellern, Bildschirm, Leser bzw. Stanzer, Folien-speicher-Laufwerk u. a. an den Bus einer Mikrorechnersteuerung dienen. Die A. verwirklicht die erforderlichen schaltungstechnischen, logischen und konstruktiven Bedingungen zum Zuschalten und Zusammenwirken einschließlich der Verwirklichung gerätetypischer Steuerungsabläufe wie Datenprüfung oder Handshake-Betrieb. Vgl. Interface.

Antrieb: technische Einrichtung zur aufgabengemäßen Umwandlung von Energie einer bestimmten Erscheinungsform in mechanische Energie, die in einer geforderten Bewegungsform in einem vorgegebenen Bewegungsraum vorhanden sein muß. Für IR werden pneumatische, hydraulische und elektrische A. verwendet, mit denen translatorische oder rotatorische Bewegungen erzeugt werden (Tab.). *Hydraulische A.* eignen sich besonders bei großen Handhabemassen für Beschickungsvorgänge; *pneumatische A.* sind schnell und werden vor allem für Einlegeeinrichtungen und Greifer verwendet. *Elektrische A.* sind für Verfahrensroboter gut geeignet. Sie bestehen z. B. aus einem Thyristor- oder Transistorsteller einschließlich Regler und evtl. erforderlichem Netztrafo sowie dem Gleichstromstellmotor mit eingebautem $\nearrow$ Tachogenerator und $\nearrow$ Wegmeßsystem. Abtriebsseitig sind mechanische Umsetzungen nachgeschaltet. A. können dezentral, also direkt an den Gelenken, angeordnet sein, oder zentral, d. h. in Gestellnähe. Die Weiterleitung der Bewegungen erfolgt mit mechanischen Mitteln (Seile, Ketten, Bänder, Stangen usw.). Vgl. Antriebssystem, Drehwinkelmotor, hydraulischer, Lineareinheit, Plungerkolben, Scheibenläufermotor, Schrittmotor, Servoantrieb. Abb. Tab.

Vergleich der Antriebsarten

Antriebsart	Positioniergenauigkeit in mm	Last in kg	Bewegungsweg in m	Geschwindigkeit in m/s
pneumatisch	$\pm 0,1 \dots 0,5 \dots 1$	0,2...15	0,2...2,0	0,3...1,0
hydraulisch	$\pm 0,1 \dots 1,0 \dots 2$	40...500	0,2...2,5...5	0,75...1,7
elektrisch	$\pm 0,1 \dots 1,0 \dots 2$	1,0...100	0,1...2,5	0,5...4,0



Antrieb: Prinzipdarstellung eines elektrischen Industrieroboterantriebs

Antriebsenergie: Bezeichnung für die Energieart, mit der die Bewegungseinheiten eines IR angetrieben werden. IR haben *elektrische*, *hydraulische* und *pneumatische*, selten *mechanische* A. Der Elektroenergie kommt eine besondere Stellung zu, weil 1. die Zahl der elektrisch angetriebenen IR zunimmt und 2. die weiteren Energiearten aus Elektroenergie erzeugt werden (Hydraulikaggregat, Pneumatikantrieb).

Antriebskoordinaten: Führungsgrößen für die Antriebe des Führungsgetriebes und Greifers eines IR, die zur Erzeugung eines geforderten Bewegungsablaufs vorgegeben werden müssen. Vgl. Roboterkoordinaten.

Antriebsmotor, Motor: Einrichtung zur Wandlung der elektrischen, pneumatischen oder hydraulischen Antriebsenergie in mechanische Energie zum Bewegen der Bewegungseinheiten eines IR.

Antriebssteller: Funktionseinheit zur Umwandlung der von der Bewegungssteuerung ausgegebenen Signalwerte in die Leistungsgrößen zum Betrieb von Antriebsmotoren an den Bewegungseinheiten eines IR. Der Begriff A. wird bevorzugt in Verbindung mit Elektroantrieben gebraucht. Der Funktionsinhalt des A. wird von der Art des Antriebsmotors (*Elektroantrieb*) und von den an den Elektroantrieb gestellten Qualitäts-, Sicherheits- und Überwachungsanforderungen bestimmt. Zum A. für einen Gleichstromstellmotor gehören eine Brücken- oder Antiparallelschaltung mit Leistungstransistoren (z. Z. für Motoren bis 3,5 Nm Dauerdrehmoment) bzw. mit Leistungsthyristoren (z. Z. für Motoren von 1,3 bis 70 Nm), die dazugehörige Ansteuerelektronik, evtl. Glättungsdrosseln sowie Überwachungs- und Bremsschaltungen. In der Ansteuerelektronik sind die Reglerschaltungen für eine unterlagerte Motorstromregelung (*Kaskadenregelung*) integriert.

A. für Schrittmotoren enthalten eine Elektronik, die die Eingangsgrößen Impulszahl, -frequenz und Drehrichtung in Schrittzahl, -geschwindigkeit und Impulsverteilung auf die Wicklungen des Schrittmotors als Ausgangsgrößen wandelt.

A. bewirken außerdem die Leistungsverstärkung sowie Überwachungs- und Bremsschaltungen.

Antriebssystem: gesteuertes System für den Antrieb einer Maschine. Es besteht aus Elementen für den Informations- und Energiefluß. Die Steuer- bzw. Regeleinrichtung bildet die zur Beeinflussung des Bewegungsvorgangs erforderlichen Signale, die Steuer- bzw. ↗ Regelstrecke stellt den zu beeinflussenden Teil des A. dar. Bei IR der ersten und zweiten ↗ Generation werden vorangepaßte A., deren Struktur und Parameter in der Vorbereitungsphase bestimmt werden, eingesetzt. Für IR der dritten Generation sind selbstanpassende (adaptive) A. charakteristisch.

anthropomorph [gr.]: dem menschlichen Körperbau in seinen Gelenken und in der Form entsprechend.

Anweisung: eine in einer beliebigen Programmiersprache formulierte, abgeschlossene, im Sinne der Programmiersprache streng definierte Vorschrift. A.en stellen in diesem Sinn syntaktische Variable der Programmiersprache dar.

Für Handhabeprogramme sind z. B. von Bedeutung:

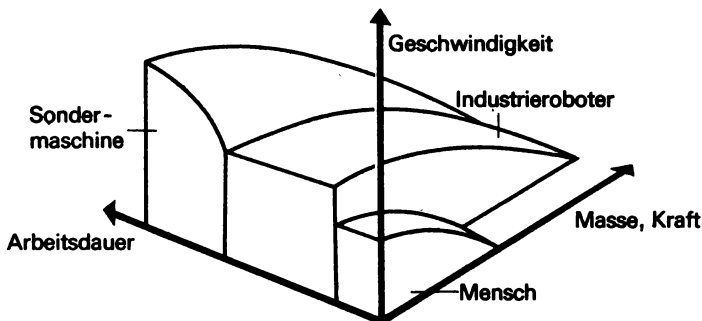
- A.en zur Definition eines (Haupt-) Programms, Unterprogramms, Satzes u. a.;
- A.en zur Bezeichnung einer Bewegungsachse, einer Wegbedingung u. a.;
- A.en für Zusatzfunktionen, Hilfsbefehle (Programmablauf, Sprünge, Zyklen, Warten u. a.);
- A.en für Wertzuweisungen (Weg- und Winkelsollwerte, Zeitstufen, Ein- und Ausgänge u. a.).

Vgl. Befehl.

Anwendersystem, Anwenderprogramm, Anwendersoftware: allgemeine Bezeichnung für die von einer Steuerung auszuführenden Arbeitsprogramme an einer technologischen Einheit. Im Sinne der Handhabetechnik ist ein Anwenderprogramm das in die Steuerung eingegebene Programm für den Arbeitsablauf der Handhabeeinrichtung (*Handhabeprogramm*). Zum A. gehören außerdem Generierdaten (*Generieren*).

Anwendungsbereich: Einsatzfeld für IR und Manipulatoren. Neben Verwendung in der Kerntechnik, Meeres- und Raumforschung werden A. in der Industrie, im Bau-, im Transportwesen und im Großhandel immer mehr erschlossen. Wichtige Industrie-A. sind die Arbeitsgänge Beschichten, Punktschweißen, Bahnschweißen, Entgraten, Montieren, Beschicken und Entladen von Maschinen, Palettieren und Depalettieren, Sandstrahlen, Handhaben von Gesenkschmiedeteilen, Behängen von Galvanikgestellen, Verpacken, Messen, Inspektion, Reinigung, Tauchen von Wachsmodeilen, Schleifen, Polieren, Glasieren, Heften mit Heftpistole, Ausschäumen von Formen mit Plastschaumkopf, Beschneiden, Trennschleifen, Härten, Gußputzen, Kabelbaumlegen. Abb.

Anwesenheitprüfen: in der ↗ Handhabetechnik das Feststellen des Vorhandenseins von HHO für Steuerungszwecke. Eine automatische Montage kann oft nur weitergeführt werden, wenn das berührende oder berührungslose A. des vorhergehenden Montageteils erfolgreich war. Vgl. Prüfen.



Anwendungsbereich: Quantitative Leistungsfähigkeit bei Mensch, IR und Sondermaschine (nach *Lindbom*)

Anwesenheitssensor: Sensor, der zur Informationsgewinnung über das Vorhandensein von Objekten sowie bestimmter Merkmale und erwarteter räumlicher Relationen dient.

Anzeigegerät ↗ Bildschirmgerät.

APAS [engl.]: Abk. für *automatic programmable assembly system*. APAS ist ein in den USA entwickeltes, automatisches, programmierbares Montagesystem mit modular aufgebauten Manipulatorarmen für Montagen nach dem Einzelplatz- oder Gleitmontageprinzip. Vgl. Montagelinie, Montagezentrum.

Applikationsroboter: Roboter zur Aus- und Weiterbildung von Bedienern und Wartungspersonal in Anwendungslabors oder zur versuchsweisen Erprobung weiterer Anwendungsfälle. Er wird mitunter auch als Störreseroveroboter bzw. als zeitweiliger Ersatzteilspender genutzt.

APT [engl.]: Abk. für *automatically programmed tools*. Programmiersprache für das rechnergestützte Programmieren von Werkzeugmaschinen. Von ihr abgeleitet wurde die an IR angepaßte Programmiersprache ↗ RAPT. Die Sprache APT wurde ab 1957 am Massachusetts Institute of Technology entwickelt.

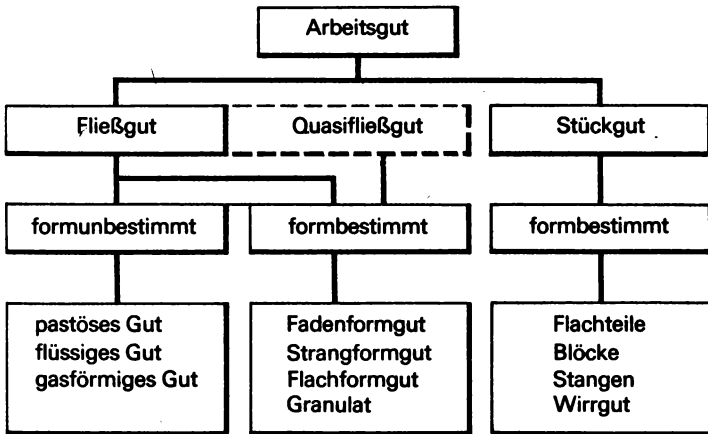
Äquidensiten: Kurven, die, in der automatischen Bilderkennung von Objekten, Zonen gleicher Graueit angeben.

Arbeitsbereich ↗ Arbeitsraum.

Arbeitsgenauigkeit: Güte eines IR, mit der bestimmte physikalische Größen realisiert, reproduziert oder gemessen werden können. Diese Größen können beim Positionieren des ↗ Arbeitsorgans, beim Verfolgen einer vorgeschriebenen Bahn, bei der Wiederholung gleicher Vorgänge, bei Programmieroperationen u. a. auftreten. Von vorrangiger Bedeutung ist der ↗ Lagefehler.

Arbeitsgut: alle Halbzeuge, Roh- und Fertigteile, die im Produktionsprozeß bearbeitet, montiert und kontrolliert werden. Eine wesentliche Unterteilung des A.es ist die in Stück- und Fließgut. Vgl. Handhabegut. Abb.

Arbeitskräftefreisetzung: ökonomische Nutzenserscheinung, die allgemein



Gliederung des Arbeitsguts

bei der Rationalisierung der Produktion, so auch beim Einsatz von IR auftritt. Sie kann als absolute und relative Größe ausgewiesen werden. Die relative A. wird unter Berücksichtigung der aus dem Einsatz des Roboters erwachsenden Effekte, wie bessere zeitliche Auslastung u. a., bestimmt.

Arbeitsorgan: Bestandteil eines arbeitenden IR, der sich zwischen Führungsgetriebe und HHO befindet und zum Ausführen verschiedener Operationen dient. A. sind Greifer, Werkzeuge und spezielle Einrichtungen zum Bohren, Schleifen, Nieten, Schrauben, Schweißen, Farbspritzen u. a. Vgl. Effektor.

Arbeitsplatzanalyse: Untersuchung zum sinnvollen Einsatz eines IR in technisch-wirtschaftlicher Hinsicht oder nach sozialen Gesichtspunkten (*Grobanalyse*). Auch sollen alle für die Einsatzplanung relevanten Einflußgrößen erfaßt werden (*Detailanalyse*). Die A. erstreckt sich auf die Bereiche Kennzeichnung des Arbeitsplatzes, organisatorisch-wirtschaftliche Daten, HHO, Fertigungseinrichtungen, Handhabeablauf, Kontrolle, Bearbeitungsfolge und Arbeitsbedingungen. Für die Datenerfassung haben sich vorbereitete Fragebogen bewährt. Abb. S. 28.

Arbeitsposition: jede Position innerhalb eines ↗ Bewegungszyklusses und des Arbeitsraums, die im Sinne der Arbeitsaufgaben punktuell, z. B. beim Punktschweißen, oder linear, z. B. beim Farbspritzen, gebraucht wird. Vgl. Umlenkposition, Warteposition.

Arbeitsprogramm ↗ Anwendersystem.

Arbeitsraum, Handhaberaum: Raum, in dem das ↗ Arbeitsorgan eines IR arbeiten kann. Der Charakter des A. wird durch die kinematische Struktur des ↗ Führungsgetriebes bestimmt. Größe und Form des A. sind von strukturellen, steuerungstechnischen und technologischen Bedingungen abhängig, d. h. von der konstruktiven Struktur mit den Kreuzungsabständen der

Allgemeine Arbeitsplatzdaten: _____	
Arbeitsgegenstand Handhabeobjekt Rohteilangaben Fertigteilangaben Greifstellen Werkstückverhalten Handhabezyklus Bewegungsfolgen Programmwechsel Handhabeaufgabe Handhabevorgänge Beidhandarbeit Positioniergenauigkeit	Arbeitsmittel Fertigungsmittel Anzahl, Art Automatisierungsgrad Hilfsstoffe, Abfälle Kontrollen Peripherie Werkstückspeicher Transportfluß Sicherheitsanlagen Bearbeitungsfolge Verkettung von Arbeitsplätzen Sichtkontrollen
Arbeitskraft Arbeitsbedingungen Ein-/Mehrmaschinen- bedienung Unfallgefahren physische/psychische Belastung Öl, Fett, Emulsion Nässe, Säure Schwingungen Beleuchtung Belüftung Schutzmittel	Arbeitsorganisation Arbeitsplatzkennzeichnung Maschinenaufstellung Fertigungsverfahren organisatorisch-wirtschaftliche Daten Schichtregime Aufwand Losgröße, Taktzeit Lohn, Zuschläge Umstellungen

Untersuchungsbereiche bei der Arbeitsplatzanalyse

Achsen (z. B. Gliedlängen), den konstruktiv zugelassenen relativen Bewegungsbereichen je Gelenk, der konstruktiven Ausführung des Arbeitsorgans und den möglichen Lagenkonfigurationen des Führungsgetriebes. Technologisch wird der A. durch die Orientierung des Arbeitsorgans und die Relativlage des A. zum IR beeinflusst. Bei mehr als drei Bewegungsachsen in der Grundbauart können vielfältige Arbeitsräume entstehen. Solche Systeme können dann kinematisch überbestimmt sein, d. h. die Punkte innerhalb ei-

nes A. lassen sich durch verschiedene Bewegungsfolgen erreichen (↗ Überbestimmtheit). Sie eignen sich dann besonders für komplizierte Aufgaben oder werden in der Montage eingesetzt. Der theoretische A. kann vom tatsächlichen wegen baulicher Toleranzen abweichen. Ebenso kann es Unterschiede zwischen den „mechanischen“ und „steuerungstechnischen“ Arbeitsräumen geben. Vgl. Bewegungsraum, Gefährdungsraum.

Arbeitsraum, relativer: Verhältnis des durch die Greiferlage bzw. durch Greiferlage und Führungslagenkonfiguration bedingten Arbeitsraums zum max. Arbeitsraum, den ein charakteristischer Punkt am ↗ Arbeitsorgan beschreibt.

Arbeitsraumüberwachung, automatische: Methode zum Schutz des Menschen vor den Bewegungen eines IR. Dabei beobachtet eine über dem Roboter angebrachte Kamera ständig den Arbeitsraum. Die Stellung des Führungsgetriebes wird hierbei z. B. durch automatische Vermessung der Winkellage optischer Markierungen erkannt, die sich auf der Oberseite des Roboterarmes befinden. Damit kann eine gedachte rechteckige Schutzzone parallel zum Roboterarm automatisch nachgeführt werden, und eine Person wird durch Analyse der Bildänderungen aufgrund ihrer Bewegungen entdeckt und ihre Position markiert. Besteht Kollisionsgefahr, wird der Roboter durch Not-Stop oder Not-Aus gebremst. Vgl. Kollisionserkennung.

Arbeitssicherheit: Gewährleistung eines Zustands, in dem der Mensch vor Unfällen, Berufskrankheiten und sonstigen berufsbedingten Schäden geschützt ist. Beim Einsatz von IR bezieht sich die A. vor allem auf folgende Aspekte: unkomplizierte Umstellbarkeit, hohe Betriebssicherheit, einfache Wartung und Instandhaltung, einfache Programmierung, leichte Erkennbarkeit von Störungsursachen (Diagnosesystem) und gefahrloses Eingreifen bei Kollisions- und Havariefällen. Gefährdete Personengruppen sind je nach Betriebsart, Bedien- bzw. Überwachungspersonal und Beschäftigte an Nachbararbeitsplätzen bei Automatikbetrieb sowie Programmierer, Einrichter und Instandhalter, wenn sie ihre Tätigkeit innerhalb des ↗ Gefährdungsraums ausführen müssen.

Arbeitsspeicher: zusätzlich zum Programmspeicher vorhandener Speicher in einer Steuerung mit Rechner. Der A. wird als Hilfs-, Zwischen-, Merk-, Konstanten- und Variablenpeicher für die Arbeitsfähigkeit des Rechners benötigt und ist ein Halbleiterspeicher.

Arbeitsstromprinzip: Wirkprinzip einer informationsverarbeitenden, z. B. elektrischen Schaltung. Das A. ist dadurch gekennzeichnet, daß z. B. die funktionsbestimmende Wirkung eines Stellglieds im erregten Zustand bei Anliegen von elektrischer Spannung eintritt. Die Umkehrung heißt *Ruhestromprinzip*.

Arbeitsaktfrequenz: erreichbare Frequenz aufeinanderfolgender Arbeitszyklen bei einem IR. Der Arbeitszyklus setzt sich aus mehreren Teiletappen zusammen, die einen Zeitbedarf haben, da stets auch Wege zurückgelegt werden. Da die einzelnen Antriebssysteme eines IR zeitlich parallel oder seriell arbeiten können, ist die Angabe der A. besser als die Angabe einer Arbeitsgeschwindigkeit. Vgl. Taktzeit.

Arbeitsverhalten: geräteeigenes, charakteristisches Verhalten eines IR beim Einsatz, das durch Antrieb, Bewegungen, Meßsystem und Steuerung beeinflußt wird und sich unter Belastung ergibt. Es qualifiziert den IR mehr oder weniger für eine Aufgabe. Vgl. Prüfgrößen, Prüfstand.

Arbeitszylinder: hydraulischer (*Hydraulikzylinder*) oder pneumatischer Motor, der die ihm zugeführte statische Energie eines Fluids (Druckluft, Drucköl), in eine Kraft umsetzt. Der A. kann einen Scheibenkolben (*Scheibenkolbenzylinder*) oder Plungerkolben enthalten. Tab.

Gegenüberstellung technischer Daten von Arbeitszylindern zu anderen Arbeitssystemen

	Moment in Nm	Eigenbe- schleunigung	Einfahr- toleranz	Masse- verhält- nis	Raumver- hältnis	Kosten- verhält- nis
Hydraulik- zylinder	bis 10^6	bis 20 m/s^2	$\pm 0,05 \text{ mm}$	1	1	0,5...0,7
Servo- antrieb	16...400	$5 \cdot 10^4 \text{ rad/s}^2$	$\pm 0,01 \text{ rad}$	1,5...2	1,5...2	1
hydraulisch						
Schritt- antrieb	0,35...35	$5 \cdot 10^2 \text{ rad/s}^2$	$\pm 0,02 \text{ rad}$	2...3	1,5...2,5	0,5...0,7
Gleich- strom- stell- antrieb	1,7...150	$5 \cdot 10^4 \text{ rad/s}^2$	$\pm 0,01 \text{ rad}$	1...3	1,5...3	1
Linear- antrieb	bis 10^3	bis 10 m/s^2	$\pm 0,1 \text{ mm}$	2...3	1,5...2	0,5
elektrisch						
Pneumatik- zylinder	bis 10^3	bis 10 m/s^2	$\pm 1 \text{ mm}$	0,7	1	0,5...0,7

ARC [engl., Abk. für *advanced robot control software*]: von der Akademie der Wissenschaften der DDR 1984 entwickeltes modulares Robotersteuerungs- und Programmiersystem, das besonders zur Entwicklung (Modellierung), Programmierung und Steuerung von IR dient.

Archivierung: Übernahme und geordnete Aufbewahrung von ↗ Handhabeprogrammen auf verschleißfesten Datenträgern, z. B. Kompaktkassetten, um diese später, ohne erneutes Programmieren, zu benutzen. Über einen A.sanschluß werden die Programme von der IR-Steuerung auf den externen Datenträger übernommen. Die Aufbewahrung muß bei einer Temperatur unter 40°C , staub- und kühlmittelnebelfrei erfolgen. Die Einwirkung star-

ker induktiver Felder muß vermieden werden. Die A. ist auch auf EPROM-Steckkarten und Disketten möglich.

Archivierungsanschluß: Bezeichnung für die Anschlußmöglichkeit von peripheren Geräten für die Aus- und Eingabe von Handhabeprogrammen auf bzw. von externen Datenträgern (Lochbandleser und -stanzer bzw. Magnetbandkassettengerät bzw. Folienspeicherlaufwerke). Der A. dient der Archivierung von Handhabeprogrammen bzw. deren Wiedergabe in den Programmspeicher der Steuerung.

Arithmetiksoftware: Bestandteil des Betriebssystems einer IR-Steuerung. Sie dient zur Ausführung arithmetischer Operationen wie Addition, Subtraktion, Multiplikation, Division und Berechnung von Werten aus mathematischen Funktionen. Arithmetische Operationen, z. B. Interpolation oder Koordinatentransformation, können z. T. relativ lange Rechenzeiten erfordern, was zu Problemen bei der Steuerung im Echtzeitbetrieb führen kann. Entsprechende Programme müssen deshalb zeitminimal gestaltet sein. Mitunter werden auch spezielle Mikroprozessoren (*Arithmetikprozessoren*) verwendet.

ARL [engl., Abk. für *Assembly Robot Language*]: in Japan entwickelte, besonders für Montageroboter geeignete Programmiersprache. Sie zeichnet sich durch eine Rückkopplungsfunktion der Mehrfachbit-Signale von visuellen und taktilen Sensoren aus. Diese Funktion wird in Verbindung mit der peripheren Ausrüstung einschließlich Fördereinrichtung und der Werkstückbereitstellungseinheit genutzt. Sie ist auch für die Lagekorrektur oder die Prozeßüberwachung vorteilhaft. Die Zeit zum Anlernen des Roboters wird stark reduziert, das Prüfen und Korrigieren von Programmen erleichtert.

Armkoordinaten, Achskoordinaten: Koordinaten, die die Stellungen der Arme, d. h. Gelenkwinkel und Verfahrweg, beschreiben. Durch eine ↗ Koordinatentransformation lassen sich aus ↗ Absolutkoordinaten definierten Zuständen der Hand entsprechende A. zuordnen und umgekehrt. Vgl. Gelenkkoordinaten, Handkoordinaten.

Array [engl.] ↗ Fotodiodenarray.

ARS [Abk. für *automatischer radioelektrischer Sekretär*]: in den sechziger Jahren von *B. N. Gruschin* (Kaluga, UdSSR) hergestellter, aus 20000 Einzelteilen bestehender „Haushaltsroboter“. Er kann Geräte einschalten, Getränke eingießen und sich selbständig in der Wohnung bewegen.

ASCII-Kode [engl., Abk. für *American Standard Code for Information Interchange*]: Binärkode für 128 Zeichen (Ziffern, Groß- und Kleinbuchstaben, Interpunktions-, Operations- und Steuerzeichen); USA-Standard, der insbesondere für Mikroprozessoren international genutzt wird. Die Anwendung erfolgt in der IR-Technik bei der Bedienung und Programmierung in problemorientierten Programmiersprachen, z. B. mit Hilfe eines Programmiergerätes. Der Kode ist weitgehend identisch mit dem ↗ ISO-7-Bit-Kode.

Asimov, Isaac: prominenter amerikanischer Biochemiker und Science-fiction-Autor, geb. 1920. In seinem 1950 erschienenen Erzählzyklus „Ich der Roboter“ veröffentlichte er die drei Gesetze der Robotik, die er bereits An-

fang 1942 formulierte. Sie sind eine literarische Fiktion, stellen ein Gedankenexperiment dar und lauten: 1. Ein Roboter darf kein menschliches Wesen verletzen oder durch Inaktivität zulassen, daß dieses Wesen verletzt wird. 2. Ein Roboter muß die Befehle ausführen, die er von einem menschlichen Wesen erhält, es sei denn, die Ausführung verstieße gegen die Vorschriften des ersten Leitsatzes. 3. Ein Roboter muß seine eigene Existenz schützen, es sei denn, die Ausführung verstieße gegen die Vorschriften der Leitsätze 1 und 2. Der Begriff „Robotik“ stammt ebenfalls von A.

Assembler: Übersetzungsprogramm, das symbolische Befehle, z. B. in einem mnemonischen Kode, und symbolische Adressen und Daten in Maschinenbefehle (Bitmuster) umwandelt. Der A. ist Bestandteil z. B. eines Entwicklungssystems. Vgl. Assemblersprache.

Assemblersprache: symbolische, maschinennahe und maschinenspezifische Programmiersprache, bei der die verwendeten Anweisungen und Definitionen vorwiegend mnemotechnische Darstellungen (mnemonischer Kode) der Maschinensprache der betreffenden Verarbeitungseinheit, z. B. Mikroprozessor, sind. A. werden z. Z. zur Programmierung von Mikrorechnern (Erstellung von ↗ Quellprogrammen) bevorzugt angewendet. Das Übersetzungsprogramm heißt ↗ Assembler.

Assoziativspeicher: technische Informationsspeichereinheit, bei der sich das Aufsuchen eines Informationsobjekts auf das Auffinden desjenigen gespeicherten Merkmalkomplexes reduziert, der die größte Übereinstimmung mit den vorgegebenen Merkmalen zeigt.

ATS: Abk. für automatisiertes Transportsystem. Vgl. Flurförderzeug, fahrerloses.

Auflichtverfahren: Verfahren zur Beleuchtung von Szenen, in denen die optisch zu erkennenden Objekte enthalten sind. Dabei werden die Reflexion und Remission der Objektoberflächen ausgewertet. Beleuchtung und Betrachtung erfolgen von der gleichen Seite der Szene aus, häufig jedoch aus unterschiedlichen Richtungen. Das A. erlaubt die topographische Darstellung des Werkstücks und seiner Struktur. Vgl. Durchlichtverfahren, Lichtschnittverfahren.

Auflösungsvermögen: kleinste auswertbare Weg- oder Winkeländerung, die unmittelbar am Geber, also z. B. an der Getriebewelle des Wegmeßsystems, wirkt. Der entsprechende Weg- oder Winkelwert wird als ein *Inkrement* bezeichnet.

Das A. ist nicht identisch mit der Positioniergenauigkeit einer Einrichtung. Tab.

Aufnehmen: Handhabeoperation, die das formpaarige Sichern von Position und Orientierung eines HHO gegen mindestens einen Freiheitsgrad bezeichnet. Vgl. Halten, Handhabeoperation, Spannen.

Aufnehmer ↗ Geber.

Aufstapeleinrichtung: Handhabeinrichtung, mit der vorzugsweise plattenförmiges Arbeitsgut einzeln aufgestapelt werden kann. Durch die sich ständig ändernde Stapelhöhe muß sich der Stapel oder die A. anpassen. IR lassen sich ebenfalls als A.en einsetzen. Vgl. Abstapeleinrichtung. Abb.

Auftragsgenerator: Einrichtung in einer IR-Steuerung, die Makrobefehle ei-

Auflösungsvermögen verschiedener Wegmeßsysteme

Schlitzinitiator als Wegmeßsystem	0,05 mm/Impuls	Meßpotentiometer	0,08°/Win- dung
Inductosyn	0,001 mm; 0,001°	Wendelpotentio- meter	0,02°/Win- dung
Resolver	0,18°	Inkrementalgeber (linear)	0,005 mm/ Impuls
Umlaufpotentio- meter	0,25°/Windung	Inkrementalgeber (rotatorisch)	0,036°/Impuls

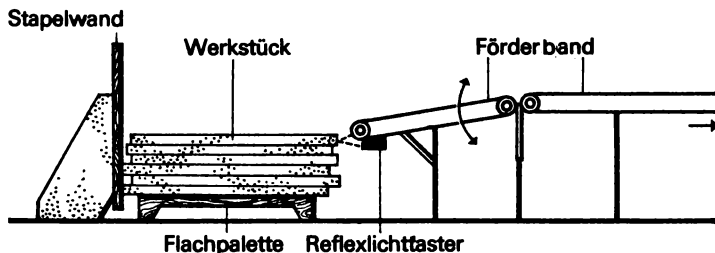
ner speziellen Robotersprache aus dem Makrospeicher abrufen, in Steuerungsaufträge transformiert und ihre interpretierende Abarbeitung durch die untergeordneten Einzelsteuerungen überwacht.

Augen-Hand-Koordination: Führen eines Effektors (*Hand*) durch eine Steuerung, die Signale eines visuellen Erkennungssystems (*Auge*) verarbeitet. Mit Hilfe von Bildsensoren lassen sich Binär-, Grauwert- und Farbbilder aufnehmen, auswerten und Effektorsteuerungssignale erzeugen. Um den erforderlichen Kontrast zu erreichen, sind meist zusätzliche Lichtquellen erforderlich, die direkt auf das HHO gerichtet sind oder dieses indirekt, z. B. von unten durch eine transparente Unterlage, beleuchten. Vgl. Auflichtverfahren, Durchlichtverfahren.

Augen-Hand-System: technische Einrichtung, die einen Effektor nach Sicht, die durch ein visuelles Erkennungssystem gewährleistet wird, führt. Werden Greifer und „künstliches Auge“ zu einer Baueinheit vereint, so entsteht die besonders für Montageoperationen günstige „sehende Hand“ als eine besondere Form eines A.

Ausbreitungsrate: nach *Haustein/Maier* der Quotient aus der Anzahl der durch IR ersetzten Arbeitsplätze zur Anzahl der durch Roboter ersetzten und ersetzbaren Arbeitsplätze. Die A. bezieht sich auf das Ausbreitungspotential und ist zwischen 0 und 1 definiert. Die Berechnungsgleichung lautet

$$F = (c \cdot R) / \left(c \cdot R + \frac{p \cdot k \cdot B}{s \cdot c} \right)$$
. Es bedeuten R Anzahl der frei programmier-



Aufstapeleinrichtung

baren Roboter, c Anzahl der Arbeitsplätze, die je IR bei optimaler Arbeitsorganisation im Durchschnitt ersetzt werden können, p Anteil der Produktionsarbeiter an den Beschäftigten, k Anteil der Arbeitsplätze, die prinzipiell durch die gegenwärtig existierenden Generationen von IR ersetzt werden können, B Anzahl der Beschäftigten, s Schichtfaktor. Vgl. Diffusionsrate.

Ausgänge, binäre ↗ Eingänge, binäre.

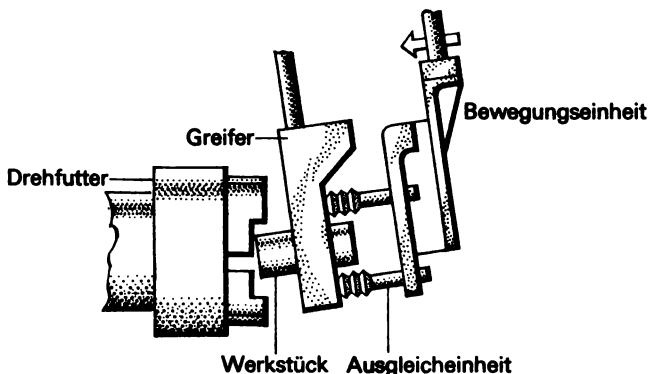
Ausgangssignal: Signal, das vom IR-Interface an die Peripherie geliefert wird. Die dazugehörigen Schaltkreise und -mittel im ↗ Interface sind (Signal-) „Ausgänge“.

Ausgeben: Handhabeoperation, die das Herausbewegen von HHO aus der Wirkzone technischer Einrichtungen bezeichnet. Das A. kann im einfachsten Fall durch Schwerkraft erfolgen. Beim A. mit IR kann bei großen geometrischen Veränderungen am Werkstück während des Arbeitsprozesses ein anderer Greifer benötigt werden als beim Eingeben. Vgl. Greifteilefamilie.

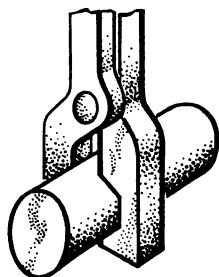
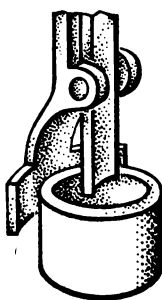
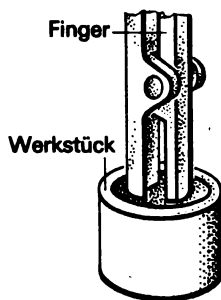
Ausgleichheber ↗ Lastarmmanipulator.

Ausgleichseinheit: Einheit zum selbsttätigen Ausgleich von Achslage- und Winkelversatz, um Überbeanspruchungen eines Roboterarms zu vermeiden, die beim Eingeben von HHO in Spannstellen infolge fehlender Nachgiebigkeit des Führungsgetriebes entstehen. Dazu werden bestimmte Glieder des Greifers elastisch ausgebildet. Es können auch sich selbst einstellende A.en mit sphärischen u. a. Lagerungen verwendet werden. Überlastungen können auftreten, weil das Werkstück vom Greifer des IR erst losgelassen werden darf, wenn z. B. das Spannfutter bereits geschlossen ist. Abb.

Ausgleichsspeicher: Werkstückspeicher, der in automatisierten Fertigungslinien dazu dient, Taktzeitunterschiede durch Zuführen zusätzlicher Werkstücke auszugleichen. Die Speicher müssen zu gegebener Zeit wieder aufgefüllt werden, z. B. in einer zweiten Schicht. Vgl. Werkstückspeicher.



Aufbau einer Ausgleichseinheit

**Außengreifer****Zwischengreifer****Innengreifer**

Außengreifer: Greifen mit Backengreifer

Auslegerindustrieroboter: Bezeichnung für einen freistehenden Ständerroboter, der i. allg. die Grundstruktur $\rightarrow$ SSS aufweist und seinen Greifarm waagrecht ausfährt.

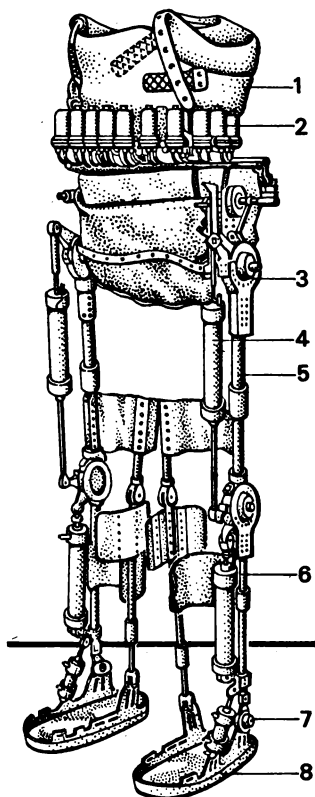
Außengreifer: Greifer, der mit seinen Greiferbacken ein HHO kraft- und bzw. oder formpaarig an seiner Außenkontur aufnimmt. Für die Greiferbacken muß genügend Greiffreiheit zum nächsten Objekt vorhanden sein. Der Außengriff ist das am häufigsten angewendete Greifprinzip. Eine spezielle Art des Greifens ist der Zwischengriff, bei dem ein Greiferbacken außen und einer innen am Werkstück anfaßt. Vgl. Greifer, Innengreifer, Abb.

Außeninterpolation: Interpolation, bei der ein mit großer Geschwindigkeit arbeitender und mehrfach nutzbarer steuerungsexterner Rechner die Bestimmung von Bahnkoordinatenwerten vornimmt. Die Übertragung der Werte kann über Kabelverbindungen (on-line) oder durch Ausgabe auf Datenträger, z. B. Magnetband (off-line) und Einlegen des Datenträgers in die Steuerung erfolgen. Vgl. Inneninterpolation.

Außenskelett, Exoskelett, Exoskeleton: anlegbares Gestell zum Abnehmen der Relativbewegungen an den Gelenken menschlicher Gliedmaßen und ihrer Umwandlung in elektrische Signale zur Fernsteuerung eines anthropomorphen Manipulators und bzw. oder Pedipulators. Es wurde in den 50er Jahren am Kornell-Laboratorium für Aerodynamik (USA) entwickelt und muß über etwa 35 Drehgelenke verfügen, um genügende Beweglichkeit für den Menschen zu erreichen. Wird das A. in diesem Sinne verwendet oder erfüllt es im medizinischen Bereich ($\rightarrow$ Orthese) nur Stützfunktionen, so ist es ein passives A. Abb. S. 37.

Außenskelett, aktives: anlegbares metallenes Gestell, das vollständig mit pneumatischen oder hydraulischen Antrieben versehen ist und sich selbst, seine Energiequelle, die Eigenmasse des Menschen und die von Menschen ergriffene Lasten trägt. Das a. A. folgt den Bewegungen des Menschen. Es ist für die Rehabilitation von Querschnittsgelähmten gedacht. Die ersten a. A. wurden etwa 1970/72 entwickelt und ausprobiert. Abb. S. 36.

Außenverkettung: Verbindung von Fertigungseinrichtungen durch Weitergabeeinrichtungen für Werkstücke. Diese sind so angeordnet, daß die auf



Aufbau eines aktiven Außen-skeletts: 1 Korsett, 2 Ledergurt mit Pneumatikventilen, 3 Hüftgelenk, 4 Druckluftzylinder als Gelenkantrieb, 5 Einstellelement für die Oberschenkellänge, 6 Einstellelement für die Unterschenkel, 7 Sprunggelenk, 8 Fußsohlen mit eingebauten Sensoren zur Bodenkontaktprüfung

die Grundfläche projizierte Hauptförderrichtung der Werkstücke neben der Grundfläche der Fertigungseinrichtungen vorbeiführt. Vgl. Durchverkettung, Innenverkettung, Verkettung.

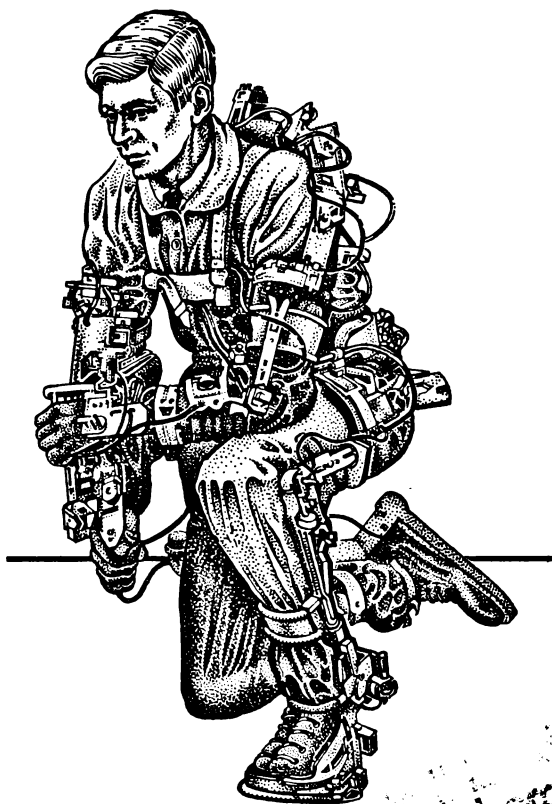
Außerbetriebnahmebereich: Bereich, in dem ein IR in bezug auf Belastung, Wege, Winkel, Geschwindigkeit und Beschleunigung nicht mehr betrieben werden darf. Noch vor Erreichen der Grenze des A. sind die Betriebsdaten des Roboters in den $\nearrow$ Betriebsbereich zurückzuführen oder es muß durch Endanschläge ein sicherer Ruhezustand hergestellt werden. So kann z. B. bei Überschreiten des Betriebsbereiches eine Gegenstrombremsung einsetzen. Dabei muß beachtet werden, daß noch ein sicherer Bremsweg verbleibt. Wird der A. überschritten und die Zerstörungsgrenze erreicht, so kommt es zu Betriebsausfällen durch Überlastung von Lagern und Getrieben.

Ausschwingzeit: die von einem IR benötigte Zeit, bis die Amplitude der Schwingungen des HHO nach dem Anfahren einer Zielposition einen be-

stimmten Betrag nicht mehr überschreitet. Die Angabe dieser Prüfgröße muß für definierte Bewegungsgrößen, eine bestimmte Position des Arbeitsorgans und für jede Bewegungsachse getrennt erfolgen. Es ist ausreichend, wenn dieser Betrag mit 0,1 mm festgelegt wird. Die A. ist besonders an solchen Programmstellen im praktischen IR-Betrieb zu berücksichtigen, wo es auf eine exakte Positionierung, z. B. beim Montieren, ankommt. Gegebenenfalls müssen Wartezeiten programmiert werden.

Austragbunker: mit bewegten Elementen, z. B. Förderband, Hakenkette, ausgestatteter Bunker, der aus einer ungeordneten Menge Werkstücke entnimmt. Diese werden meist vorgeordnet in einer Schicht bzw. einem Strang bereitgestellt. Ehe der geordnete Zustand erreicht ist, müssen i. allg. vom Arbeitsgut weitere ↗ Schikane durchlaufen werden.

Auswerfer: Handhabeinrichtung, die Arbeitsgut oder Abfall in der Regel



Operateur (Master) mit angelegtem Außenskelett

Handbook

ungeordnet aus einer Bearbeitungsstelle durch Ausstoßen oder Abwerfen mit mechanischem Hebel entfernt.

Autocarrier [engl.] ↗ automatisiertes Transportsystem.

Automat: Gerät, Einrichtung oder Anlage, bei der Eingabe, Umformung, Transport und Ausgabe von Stoffen, Energien und bzw. oder Informationen ohne unmittelbare Mitwirkung des Menschen erfolgen.

Automatenstruktur höherer Ordnung ↗ Intelligenz, maschinelle.

Automatik, Automatikbetrieb, Lauf, Run: Betriebsart, bei der mit Beendigung eines Schrittes bzw. Satzes der nächste Schritt bzw. Satz selbsttätig gestartet wird. Als Beendigung eines Schrittes bzw. Satzes gilt, daß bei Zeitplansteuerung eine ausreichend bemessene Zeit zur Ausführung aller programmierten Befehle abgelaufen ist und bei Ablaufsteuerung die Ausführung aller programmierten Befehle rückgemeldet (quittiert) worden ist. A. wird von Hand gestartet (*Starttaster*) und mit Erkennen des Programmdekkennzeichens beendet.

Automatikbetrieb ↗ Automatik.

Automation: häufig übernommene englische Abkürzung von Automatisierung, gleichbedeutend mit Automatisierung. Oft werden mit dem Begriff A. auch deren Auswirkungen auf wirtschaftliche und soziale Systeme verbunden.

automatische Maschinenfließreihe, Abk. AMF, auch AMFR: hintereinander angeordnete, technologisch aufeinander abgestimmte und durch Förderanlagen (↗ Verkettungseinrichtungen) miteinander verbundene Maschinen. Ihr ununterbrochener Arbeitsablauf erfolgt automatisch in einem bestimmten Rhythmus oder Takt, d. h. das Werkstück wird durch die in Reihe angeordneten Maschinen in automatisch ablaufender Fließarbeit gefertigt. Die a. M. bildet durch die Verkettung mehrerer Maschinen eine neue Qualität, ein in sich geschlossenes automatisch arbeitendes Maschinensystem. Die a. M. unterscheiden sich durch die Art ihrer Verkettung, ihre Größe und ihre technologische Aufgabe. Für Beschickungsaufgaben und das Weitergeben können Manipulatoren, IR und prozeßspezifische Handhabeeinrichtungen eingesetzt werden. Vgl. Taktstraße.

automatischer radioelektrischer Sekretär, Abk. ↗ ARS.

automatisiertes Transportsystem, Abk. ATS: Transportsystem, bei dem fahrerlose Flurförderzeuge, die oft auch als Autocarrier bezeichnet werden, umlaufen. Die fahrerlosen Flurförderzeuge werden meist mikrorechnergesteuert und erhalten ihre Befehle von außerhalb, normalerweise vom Leitrechner. A. T. übernehmen auch Funktionen wie Heben, Drehen, Kippen und Lagefixieren. Gegenüber einem nicht a. T. haben sie folgende Vorteile: Reduzierung des Bedarfs an platzraubenden Bereitstellungs- und Ablagemagazinen, Reduzierung der Anzahl der Hebevorgänge, Entlastung des Bedienpersonals vom Be- und Entladen von Magazinen (Positionierfehler ± 5 mm), Ermöglichung der Kontrolle des Inhalts jeder einzelnen Palette, Transportsicherheit, Personensicherheit (Kollisionsschutz), Verknüpfung der Fertigungsinseln sowie Ermöglichung der fließenden Fertigung vom Rohstoff bis zum Fertigprodukt ohne manuelle Eingriffe. Vgl. Flurförderzeug, fahrerloses.

Automatisierung: zusammenfassende Bezeichnung aller Methoden, die die unmittelbare Einbeziehung des Menschen in den Informations- oder Produktionsprozeß durch technische kybernetische Systeme (*Automaten*) ersetzt.

Automatisierungsgrad: Verhältnis zwischen den automatisch ablaufenden Zeitanteilen t_{aut} zur Gesamteinsatzzeit t_{Masch} einer Fertigungseinrichtung. Der A. ergibt sich also zu $\eta_a = t_{\text{aut}}/t_{\text{Masch}}$. Es bedeuten $\eta_a = 0$ Handarbeit und $\eta_a = 1$ vollständige Automatisierung, die aber infolge der immer notwendigen Vorbereitungs-, Abschluß- und Wartungszeit nicht erreicht werden kann. Der A. ist eine Kennziffer zur Dokumentation des erreichten Standes der Automatisierung.

Autooperator: [russ.]: in der UdSSR gebräuchliche Bezeichnung für einen nichtumprogrammierbaren, automatischen Manipulator. Im deutschsprachigen Raum wird der A. als ↗ Einlegeeinrichtung bezeichnet, worunter auch ↗ Ladeportale, ↗ Eiserne Hände, Werkzeugwechsler u. a. zu verstehen sind.

AUTOPASS [engl., Abk. für *automated parts assembly system*]: In eine Untermenge von PL/1 eingebettete höhere ↗ Programmiersprache für IR in bezug auf eine montagespezifische Programmierung. Sie wurde von der Firma IBM 1977 in den USA entwickelt. A. ist eine implizite Programmiersprache, bei der nicht Verfahrensweg, sondern Handhabeaufgaben beschrieben werden. Die Umwelt muß dem System während einer Umweltbeschreibungsphase vorher als mathematisches Modell mitgeteilt werden. Das Gesamtsystem gliedert sich in A.compiler für die Übersetzung von Anwenderprogrammen, Geometrie-Design-Prozessor (GDP) für die Erstellung von Umweltmodellen und Manipulator-Programm-Prozessor (MPP) für die Ausführung von A.programmen und die Steuerung des IR.

Programmbeispiel für das Fügen eines Teils B1 auf ein Teil B2 bis zur Berührung einer Auflagefläche F1 gegen eine Fläche F2: GRASP B1

PLACE B1 ON B2 SUCH THAT B1 IS ALIGNED WITH B2 AND F1 CONTACTS F2 RELEASE

Axialkolbenmotor: Hydraulikmotor, bei dem mehrere Kolben axial in einer mit der Motorwelle rotierenden Trommel angeordnet sind. Die Axialbewegung der Kolben verläuft entlang einer schrägen Regelscheibe, deren Schrägungswinkel meist konstant ist, aber auch verstellbar sein kann.

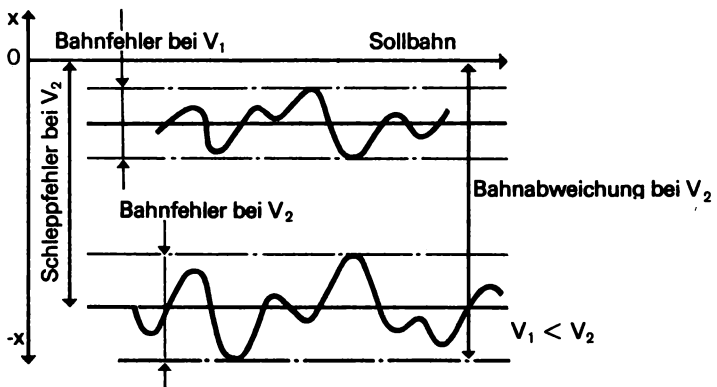
Azimutwinkel: in einem Kugelkoordinatensystem eines Drehgelenkroboters mit der Grundstruktur DDD derjenige Winkel, der sich ergibt, wenn der Bezugspunkt, d. h. der Greifmittelpunkt, auf einem Kreis der Parallelebene zur Aufstellungsebene des IR verschoben wird. Dabei befindet sich der Kreismittelpunkt lotrecht über dem Ursprung des Kugelkoordinatensystems.

B

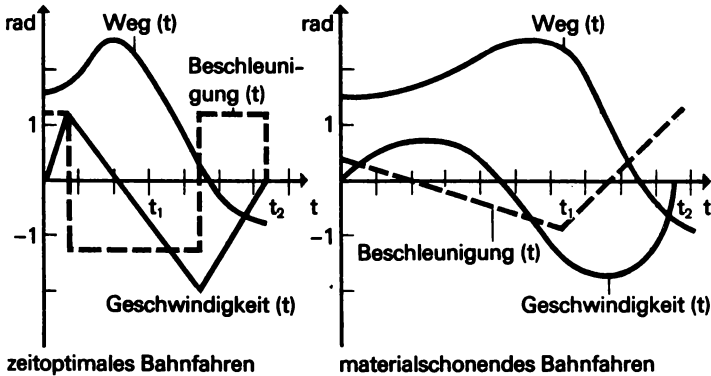
Backus-Notation, Backus-Naur-Form, BNF: Art der Beschreibung der Syntax, die für die Sprache ALGOL 60 eingeführt wurde. Syntaktische Strukturen einer Programmiersprache werden definiert, indem entweder auf Basissymbole oder auf syntaktische Strukturen zurückgegangen wird, die ihrerseits auf Basissymbole und deren Verknüpfung zurückgeführt werden können. Wesentlich ist, daß diese Definitionen rekursiv aufgebaut sein können. Die Schreibweise ist eine Folge von Zeichen, eingeschlossen in Klammern $\langle \rangle$, und gibt eine Größe an, die durch eine Zuordnung bestimmte Bedeutungen zugewiesen bekommt; die Folge $\langle a \rangle \langle b \rangle$ bedeutet, a gefolgt von b , d. h. die Größen a und b folgen hintereinander. Die Verwendung des Zeichens $|$ zwischen Klammernausdrücken bezeichnet metasprachlich „oder“; das Zeichen $:: =$ bedeutet „ist definiert durch“; runde Klammern $()$ zeigen an, daß eine Größe mehrmals auftreten kann, z. B. bedeutet $(a)_i^j$, daß a mindestens i -mal und höchstens j -mal hintereinander auftritt. Inzwischen werden auch Versionen dieser Notation benutzt.

Bahnabweichung: mögliche Abweichung der tatsächlichen Bewegungsbahn des $\nearrow$ Arbeitsorgans eines IR von der durch das Steuerprogramm vorgegebenen Sollbahn. Die B. wird durch Bahnfehler und Schleppfehler charakterisiert. Neben anderen Parametern hat die $\nearrow$ Verfahrensgeschwindigkeit wesentlichen Einfluß auf die B. Die Ermittlung der B. ist nur bei IR sinnvoll, die eine zum $\nearrow$ Bahnfahren geeignete Steuerung, d. h. eine $\nearrow$ Bahnsteuerung haben. Die Bezeichnung „Bahngenaugigkeit“ für B. sollte vermieden werden. Abb.

Bahnfahren: Bewegen eines Effektors auf einer durch Angabe des Ortes $w(t)$ vorgegebenen Bahn. Das B. kann nach verschiedenen Kriterien optimiert werden, z. B. durch Anwendung des kürzesten Wegs in der kürzesten



Darstellung der Bahnabweichung



Bahnfahren nach verschiedenen Optimierungsparametern

Zeit (Abb. a), des geringsten Energieverbrauchs und hohe Materialschonung. Sprünge von negativen zu positiven Beschleunigungen und umgekehrt sind zu vermeiden (Abb. b). Für die mathematische Formulierung solcher Bahnen $w_i(t)$ eignen sich solche Polynome besonders gut, aus denen die Geschwindigkeit $\dot{w}_i(t)$ und die Führungsbeschleunigung $\ddot{w}_i(t)$ leicht abgeleitet werden können. Abb.

Bahnfehler: Summe der max. Beträge der positiven und negativen Abweichung der Istbahn von der mittleren Istbahn eines IR.

Bahngenauigkeit $\nearrow$ Bahnabweichung.

Bahngeschwindigkeit: Geschwindigkeit des Effektors eines IR auf einer vorgegebenen Bewegungsbahn. Die Berechnung der geplanten B. muß so erfolgen, daß sie sich auf das Ende der $\nearrow$ kinematischen Kette, z. B. die Spitze eines Schweißbrenners, bezieht.

Bahnplanung: Programmierung von Bewegungsbahnen ($\nearrow$ Trajektorien) für IR mit Hilfe eines externen Rechners (d. h. im Off-line-Betrieb). Die B. findet insbesondere Anwendung bei Gelenkrobotern mit anspruchsvollen Anforderungen an die Bewegungen. Durch sie sind die bzw. wichtige Steuergrößen für die Achsen festzulegen. B. ist in folgenden Strategien möglich:

1. Realisierung einer geforderten Bewegungsbahn des Effektors (Position und Orientierung) unter Einhaltung bestimmter Bewegungsparameter (Anfahr- und Abbremsverhalten, max. Verfahrensgeschwindigkeit). Das erfordert i. allg. eine Bahnsteuerung mit Interpolation.
2. Optimierung von Bewegungen hinsichtlich bestimmter Optimierungskriterien. Die entsprechende Bewegungssteuerung ist eine optimale Steuerung.

Die B. dient auch dazu, die Steuerdatenerzeugung durch die IR-Steuerung im $\nearrow$ Echtzeitbetrieb zu ermöglichen, d. h. Anzahl und Umfang der durch die IR-Steuerung noch zu realisierenden Operationen zur Führungsgrößen-erzeugung zu minimieren.

Das Programmsystem (Softwarepaket) zur B. wird als B.system bezeichnet.

Bahnplanungssystem ↗ **Bahnplanung.**

Bahnprogramm: vom Anwender eines IR mitunter verwendeter Begriff für ein Programm, das eine Bewegung entlang einer gewollten Bahn in mindestens 2 funktionell voneinander abhängigen Bewegungsachsen steuert. Vgl. Bahnplanung, Bahnsteuerung, Robotertrajektorie.

Bahnsteuerung: Steuern der Bewegung von 2 oder mehr Bewegungsachsen eines IR mit einem von der Steuerung bewirkten funktionellen Zusammenhang. B.en lassen sich nach der Art der Führungsgrößenerzeugung unterteilen in Führungsgrößenerzeugung mit Hilfe einer durch einen Programmierlauf ermittelten Sollwertfolge (Abfahren einer Bahn) und Führungsgrößenerzeugung durch Interpolation zwischen programmierten (Stütz-) Punkten einer Raumkurve (↗ Interpolator). Funktionale Zusammenhänge ergeben sich hauptsächlich aus der Bewegungsstruktur des IR und aus den auszuführenden Bearbeitungsverfahren. Bei IR, die Bearbeitungsverfahren, z. B. Entgraten und Lichtbogenschweißen, ausführen, ist es erforderlich, neben der Position auch die Orientierung des Werkzeugs im Arbeitsraum nach vorgegebenen programmierten Anweisungen einzustellen.

Die B. als Form der Bewegungssteuerung dient als Begriffsbezeichnung für eine entsprechende IR-Steuerungsart. B.en werden als numerische Steuerungen realisiert und in der Praxis vorzugsweise bei Gelenkrobotern für Beschickungs-, Bearbeitungs- und Montageaufgaben eingesetzt. Vgl. Punktsteuerung, Steuerung, numerische, Vielpunktsteuerung.

Bahnstützpunkt, programmierter Punkt: Bezeichnung für charakteristische Punkte einer Bewegungsbahn, die als Weg- bzw. Winkelsollwerte Bestandteil des Handhabeprogramms sind und in ihrer Gesamtheit ein wesentliches Element zur Beschreibung der Bewegungsbahn (↗ Trajektorie) bilden. Der Begriff B. wird insbesondere in Verbindung mit Bahnsteuerung verwendet.

Wird die Bahn durch eine Vielzahl zeitlich dicht aufeinanderfolgender B. beschrieben, so spricht man auch von einer Vielpunktsteuerung bzw. von *quasikontinuierlicher Bahnführung*. Muß zwischen weniger dicht liegenden B.en zum Zweck einer ausreichend genauen Erzeugung der Führungsgrößen interpoliert werden, so spricht man auch von Stetigbahnsteuerung (CP) bzw. von *kontinuierlicher Bahnführung*.

Bahnverfolgung: besondere Form der ↗ Bahnsteuerung. Wird ein IR mit ↗ Festprogrammsteuerung als ↗ Verfahrensroboter eingesetzt, so kann er oft nur begrenzt qualitätsgerecht arbeiten. Das liegt an der Ungleichmäßigkeit toleranzbehafteter Werkstücke, an Wärmedehnungen, besonders beim Schweißen großer Teile, und an Positionierfehlern von Dreh-, Kipp- oder anderen Aufnahmevorrichtungen. Es werden deshalb ↗ Sensoren eingesetzt, mit deren Hilfe der IR z. B. eine Schweißfuge verfolgen und Anfang wie Ende der Naht erkennen kann. Die Nahtverfolgung erfordert das Erkennen des Seiten- und Höhenversatzes des Brenners, wobei grob vorgegebene Stützpunkte der Bahn ausreichen. Die Feinpositionierung bewirken Sensorsignale. Auch wird bei komplizierten Nahtverläufen, die erheblichen Pro-

grammieraufwand und Speicherplatz erfordern würden, mit einer B. gearbeitet. Vgl. Fugensucher, Positioniersensor.

Bajonettverschluß ↗ Renkverbindung.

Balancer ↗ Lastarmmanipulator.

Balgengreifer: Greifer, bei dem die HHO durch aufblasbare Elemente, z. B. aufblasbare Dorne oder Beugefinger (↗ Finger, pneumatischer), gehalten werden.

Bandförderer: Förderer für Schütt- oder Stückgut mit Gurt- oder Stahlbändern als umlaufendes Trag- oder Zugmittel. Die Förderung ist waagrecht und geneigt möglich.

Bandinductosyn ↗ Inductosyn.

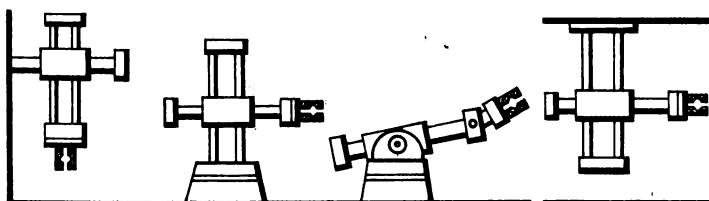
BASIC [Abk. für *beginners all-purpose symbolic introduction code*]: höhere Programmiersprache, die für den Benutzer nicht kompliziert ist und besonders schnell erlernt werden kann. Von ihr abgeleitet und an IR angepaßt ist die Programmiersprache ↗ MAL.

Ein B.programm besteht aus einer Folge von Programmzeilen, die i. allg. formblattgebunden notiert werden. Jede Zeile enthält eine Zeilennummer, der eine Anweisung folgt. Eine Anweisung ist eine in der Programmiersprache formulierte, abgeschlossene Vorschrift. Konstanten werden aus Ziffern gebildet. Gleitkommazahlen stehen für Variable.

Basiskoordinaten ↗ Absolutkoordinaten.

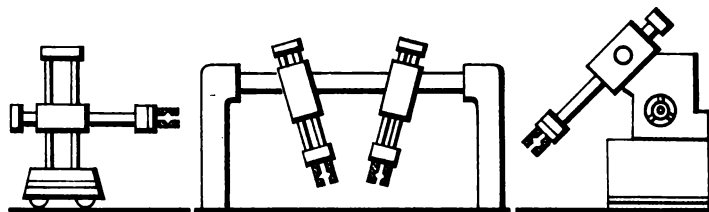
Bauart ↗ Grundbauart.

Baud, Abk. Bd: Maßeinheit für die Geschwindigkeit einer Zeichenübertra-



Wandbauform Ständerbauform, stationär

Deckenbauform



Ständerbauform, mobil

Portalbauform

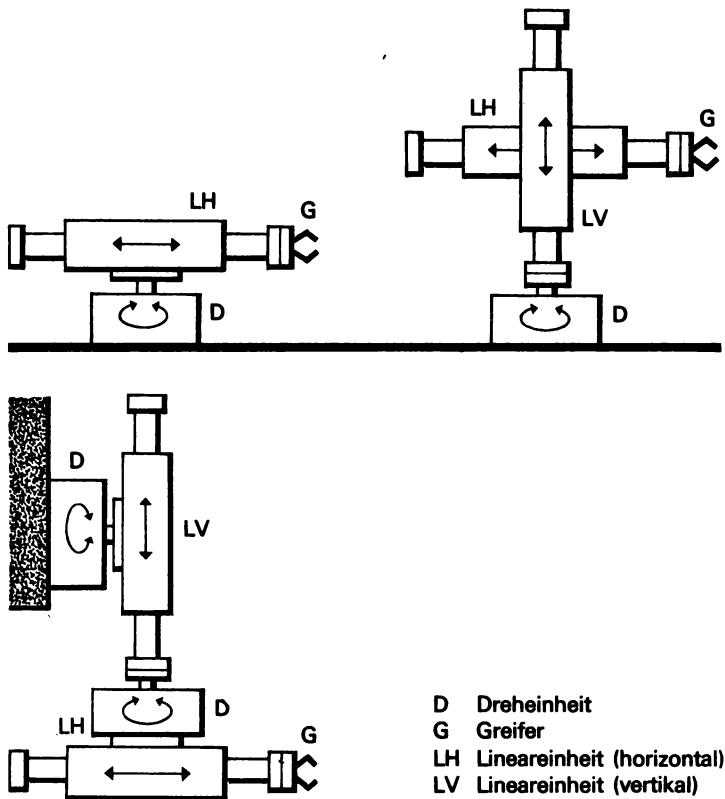
Sonderbauform

Bauformen für Industrieroboter

gung. Die Schrittdauer für ein noch mit Sicherheit übertragbares Zeichenelement ist mit 20 ms festgelegt. Dieser Festlegung entsprechen 50 Bd.

Bauform: Anordnung der Baugruppen einer Maschine. Bei IR lassen sich z. B. folgende B.en unterscheiden: Ständer-, Tisch-, Säulen-, Wand-, Decken-, Fahrständer-, Portal-B. Die verschiedenen B.en sind das Ergebnis der Anpassung von IR an bestimmte Handhabeaufgaben, Einsatzbedingungen und sonstige Einschränkungen unter Beachtung einer gegebenen Grundstruktur. Überflur-B.en bieten platztechnische Vorteile; für die Mehrmaschinenbedienung werden Fahrständer-B. bevorzugt. Abb. S. 43.

Baukastenbauweise: Bauweise, bei der Grundfunktionen einzelnen Elementen bzw. Baugruppen (↗ Lineareinheit, ↗ Dreheinheit) so zugeordnet werden, daß diese IR-Bauvarianten ermöglichen, die den vorgesehenen Ein-



Baukastenbauweise: Aufbaubeispiele für Industrieroboter aus Baukastenelementen

satzzwecken optimal entsprechen. Dabei lassen sich nicht nur mit wenigen Baueinheiten eine Vielzahl von Kombinationen erreichen, sondern auch verschiedene Ausbaustufen, die von der einfachen Beschickungseinrichtung bis zum freiprogrammierbaren IR reichen können. Abb.

Baukastengreifer: Bauform eines Greifers, bei der die einzelnen Bewegungseinheiten selbständig sind und beliebig miteinander und mit anderen Einheiten kombiniert werden können. Bauraum und Masse sind größer als bei ↗ Kompaktgreifern. Der Vorteil der B. liegt in ihrer einfachen und schnellen Anpassung an unterschiedliche ↗ Handhabeaufgaben.

Baukastenprinzip: Gestaltungsprinzip der Systemsynthese, bei dem aus einem gegebenen Repertoire von Elementen (↗ Baukastensystem) mit definierter Teilfunktion zahlreiche verschiedene Systeme mit unterschiedlicher Gesamtfunktion dadurch hergestellt werden, indem die Elemente in unterschiedlicher Auswahl und in verschiedenartigen Relationen kombinatorisch verknüpft werden. Vgl. Baukastenbauweise.

Baukastenroboter: IR, der aus nach dem ↗ Baukastenprinzip gestalteten Einheiten besteht, die sich verschiedenartig kombinieren lassen. Vgl. Baukastenbauweise.

Baukastensystem: für die Anwendung des ↗ Baukastenprinzips erforderliches Repertoire von Elementen. Vgl. Baukastenbauweise.

Bauroboter ↗ Bausynchronmanipulator.

Baustruktur ↗ Grundstruktur.

Bausynchronmanipulator, Bauroboter: mobiler ↗ Synchronmanipulator in Drehgelenkbauweise mit bis zu 5 Bewegungsachsen. Er wird für Stemmen, Bohren, Aufbruch-, Strahl- und Stahlformreinigungsarbeiten, Stapeln, Paketieren, Transportieren, Putz abtragen, Farben und Dämmstoffe aufbringen u. a. im Bauwesen verwendet.

Bauweise: sich aus einem Grundkonzept und den spezifischen Eigenschaften der verwendeten Baugruppen und Bauelemente ergebende Ausführungsart einer Maschine. Für IR wäre eine Einteilung in ↗ Baukastenbauweise und Kompakt-B. wesentlich.

BCD-Kode [engl., Abk. für *binary coded decimal-code*]: Binärkode, bei dem jede einzelne Dezimalziffer einer Zahlwertinformation, unabhängig von allen anderen, für sich allein dual verschlüsselt wird (↗ Tetraden; Stellenwertigkeit: 8-4-2-1). Die so kodierten Ziffern werden in der durch die dezimale Stellenwertigkeit bestimmten Reihenfolge aneinandergesetzt.

Beispiel: 0110 1001 0001 = 691. Abb. S. 46.

Die Kodierungen 1010 bis 1111 sind Pseudotetraden und werden nicht benötigt. Ihre Ausblendung erfordert bei der rechentechnischen Verarbeitung besondere Korrekturrechnungen. Wichtige Tetradenkodes sind z. B. der ↗ Aiken-Kode, der ↗ Dreiezzesskode und der ↗ Gray-Kode. Abb.

Bearbeitungszentrum: NC-Maschine mit automatischem Werkzeug- und meist auch Werkstückwechsel, die komplexes Bearbeiten ähnlicher Werkstücke in einer Aufspannung und mit mehreren Bearbeitungsverfahren gestattet. Die Wechseltorgänge werden gewöhnlich mit einfachen Manipulatoren ausgeführt. Vgl. Palettenwechsler, Werkzeugwechsler.

Bedienanleitung, Programmieranleitung: zum IR gehörende Unterlage, in der

Tetraden	8421 – Kode	Aiken – Kode	3 – Exzess – Kode	Gray – Kode
0000	0	0	-	0
0001	1	1	-	1
0010	2	2	-	3
0011	3	3	0	2
0100	4	4	1	7
0101	5	-	2	6
0110	6	-	3	4
0111	7	-	4	5
1000	8	-	5	-
1001	9	-	6	-
1010	-	-	7	-
1011	-	5	8	-
1100	-	6	9	8
1101	-	7	-	9
1110	-	8	-	-
1111	-	9	-	-

Tetradenzuordnung bei BCD-Kodes

sämtliche Bedienhandlungen, die Betriebsarten, die Eingabe und Korrektur von Handhabeprogrammen, das Verhalten bei Fehlerfällen (Fehlerkode) sowie spezielle Betriebsbedingungen und Verhaltensweisen beschrieben sind.

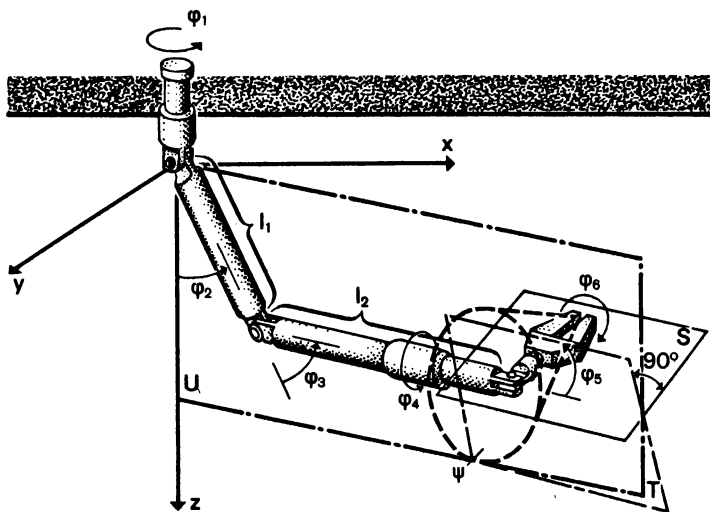
Bedieneinheit → Tableau.

Bedienfeld, Bedienfront: an einer IR-Steuerung die konstruktive Zusammenfassung von Programmier-, Bedien- und Anzeigeeinrichtungen, die von der Person benutzt werden, die einen IR bedient. Das B. befindet sich am Steuerschrank oder auf dem Steuerpult.

Bedienfront → Bedienfeld.

Bediengrad: dimensionslose Größe, mit der die Greiferbeweglichkeit, also seine „Bewegungsfreiheit“, bezogen auf einen Punkt bewertet werden kann. Der B. wird nach der Gleichung $\vartheta = \psi/4\pi$ errechnet. Der räumliche Winkel wird durch die Koordinaten x, y, z sowie die Struktur (die relativen Maße l_i) und die konstruktiven Grenzen, die die Relativbewegungen einschränken, bestimmt. Der Wertebereich für den B. ist $0 \leq \vartheta \leq 1$. Der B. hat den Wert 1 für die Punkte, in denen der Greifer eine volle räumliche Bewegung ausfüh-

ren kann, und er verringert sich auf den Wert 0 für Punkte an der Grenze des Arbeitsraums, bei der alle Glieder des Manipulators auf einer Geraden liegen. Vgl. Servicegrad. Abb.



Bediengrad bei Manipulatoren

Bedienkomfort: Aussage über die Übersichtlichkeit, Zweckmäßigkeit und Zugänglichkeit der für den Betrieb eines IR notwendigen Bedienelemente und Armaturen, z. B. Start-Stop-Taster, Not-Aus-Taster, Beschriftung, Anzeigen, Kontrollleuchten, Bildschirm mit Klartextanzeige u. a. Vgl. Programmierkomfort.

Bedienschnittstelle: Schnittstelle bzw. ↗ Interface, über die eine freiprogrammierbare IR-Steuerung mit den Bedienbaugruppen eines IR und, wenn erforderliche, den Bedienbaugruppen der Anlage, zu der der Roboter gehört, verbunden ist. Die Bedien- und Anzeigeelemente des Bedientableaus werden über ↗ Multiplexer gespreizt und belegen Anschlüsse in der Steuerung. Über die B. werden somit eine größere Zahl digitaler Ein- und Ausgabesignale in einem niedrigen Leistungspegel ausgetauscht.

Bedientafel ↗ Tableau.

Bedientheorie, Bedienungstheorie: Theorie zur Untersuchung von Situationen, in denen Einheiten, z. B. IR, zur Bedienung bzw. Beschickung von Maschinen eine oder mehrere Stationen durchlaufen müssen. Dabei weisen die Bedienzeiten mindestens an einer Stelle stochastische Komponenten auf. Die B. spielt bei der Mehrmaschinenbedienung durch IR eine wichtige Rolle, indem die Stationenzahl so bestimmt und eine solche Warteschlangenordnung eingerichtet wird, daß die Gesamtbetriebskosten minimal werden.

Bedienung durch Anforderung: Bezeichnung für das Arbeitsregime eines oder mehrerer IR in einem aus mehreren technologischen Einheiten zu bedienendem Prozeß. Die B. d. A. ist dadurch gekennzeichnet, daß die Handhabevorgänge (insbesondere die Bewegungsaktionen des IR) vom Prozeß als „Aufträge an den IR“ ausgelöst werden. Es kann z. B. eine Maschine vom IR fordern, ein fertiggearbeitetes Teil zu entnehmen. Diese Arbeitsweise stellt besondere Anforderungen an die IR-Steuerung und an die Programmierung. Die Handhabevorgänge werden nicht mehr als ein in sich geschlossenes Handhabeprogramm realisiert, sondern als eine Menge von Programmen, wobei diese einzeln und voneinander unabhängig vom Prozeß ausgerufen (angemeldet) werden können. Die IR-Steuerung muß die gerufenen Programme entweder in der Reihenfolge ihres Eintreffens (↗ Warteschlange) oder in einer durch Priorität bestimmten Reihenfolge abarbeiten.

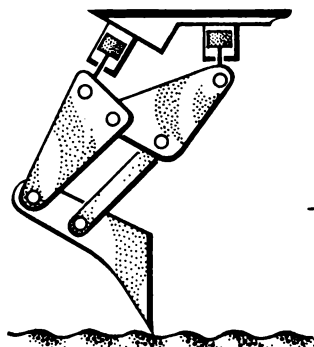
Relativ einfache B. d. A. können als flexible Zyklen (Zyklus) gestaltet werden, wobei der Hauptzyklus in der Regel eine Warteschleife darstellt, d. h. der IR verharrt dann in Ruhestellung.

Bedienungsfeld: an einer IR-Steuerung die Zusammenfassung von Programmier-, Bedien- und Anzeigeeinrichtungen. Das B. wird von den Personen benutzt, die IR bedienen.

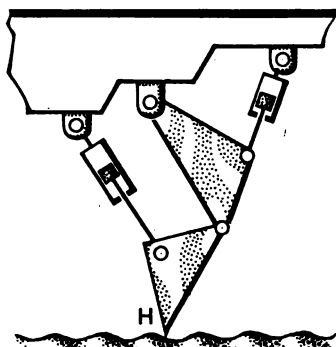
Bedienungstheorie ↗ Bedientheorie.

Befehl: 1. allgemein die Notation einer Anweisung an einen (Rechen-) Automaten zur Ausführung einer Operation. – 2. in der IR-Technik die Anweisung zur Ausführung einer Operation am IR bzw. im technologischen Prozeß. Der B. ist Bestandteil des Handhabeprogramms.

Befehl, arithmetischer: Bezeichnung für einen Befehl, der arithmetische Operationen ausführt. Für Handhabeprogramme sind Additionen und Sub-



Pantographenprinzip



angenäherte Punktgeradführung
der Fußspitze H

Konstruktionsprinzip für ein künstliches Bein

traktionen von Bedeutung, z. B. um Musterfunktionen zu realisieren. Bei NC-Sprachen ist der a. B. der Bewegungskategorie ↗ Wegbedingungen zugeordnet; Befehle zum Inkrementieren bzw. Dekrementieren von Zählerinhalten auch der Kategorie ↗ Zusatzfunktion. Vgl. Programmerroutine.

Befehl, logischer: Bezeichnung für einen Befehl, der prozeßablaufbedingt Verzweigungen (bedingte Sprünge) in einem Programm realisiert. In der IR-Technik besteht ein besonderes Erfordernis zur Anwendung i. B. Bei ↗ NC-Sprachen ist der i. B. der Befehlskategorie Zusatzfunktion zugeordnet, wobei die Sprungbedingung als Variable durch ↗ Generieren formuliert oder als Hilfsbefehl programmiert wird.

Befehlstafel ↗ Teach-in-Tableau.

Befehlszähler ↗ Programmzähler.

Befehlszykluszeit: durchschnittliche Zeit für die Abarbeitung eines Befehls. Die B. charakterisiert u. a. die Leistungsfähigkeit einer Rechnersteuerung.

Bein, künstliches: den Gliedmaßen der Vierfüßer und Menschen nachgebildete Vorrichtungen, die entweder als Prothese dienen oder direkt für Schreitmaschinen vorgesehen sind. Die Steuerung k. B. ist mit dem schwierigen Problem der Lagestabilisierung eines dynamischen, dreidimensionalen Systems verbunden und bei Zweibeinern nur im ↗ Echtzeitbetrieb möglich. Vgl. Fußschreitmaschine. Abb.

Bereitstellplatz: in unmittelbarer Nähe von Fertigungseinrichtungen befindliche Fläche zum Bereitstellen von Arbeitsgut mit Hilfe von ortsveränderlichen ↗ Werkstückspeichern.

Berührungssensor: taktiler, d. h. auf mechanische Berührung reagierender Sensor. Die Berührung mit interessierenden Objekten, z. B. Werkstücke, Flüssigkeiten u. a., kann direkt erfolgen, indem die Berührungsfläche des Sensors mit einen oder mehreren zeilen- bzw. matrixförmig angeordneten Empfangselementen ausgestattet ist, oder indirekt. Indirekte B.en arbeiten z. B. mit Winkelgebern in den Gelenken eines Fingergreifers oder eines adaptiven Montagegreifers. Die von B.en abgegebenen Signale können binär sein (↗ Berührungssensor, binärer) oder analog (↗ Berührungssensor, analoger). Im Vergleich zu den wenigen B.en, die ein sensorisierter Greifer besitzen kann, verfügt der Mensch über etwa 0,5 Mio B.en in der Haut und kann damit Schwingungsamplituden von 0,00001 mm feststellen. Vgl. Sensor, taktiler.

Berührungssensor, analoger, *Analogsensor*: taktiler Sensor mit analogem Ausgangssignal, dessen Informationsparameter (Amplitude, Frequenz, Nullphasenwinkel) einer örtlichen Kraft proportional ist. A. B.en werden z. B. an den Greifflächen der Greiferfinger angeordnet, um Greifkräfte zu messen bzw. um damit Informationen über Form oder Identität von gegriffenen Objekten zu gewinnen.

Berührungssensor, binärer, *Binärsensor*: taktiler Sensor mit binärem Ausgangssignal (für 2 Klassen der aktuellen Zustandsgröße). B. B. besitzen auf der Ausgangsseite als Schalter wirkende kontaktbehaftete, elektronische oder auch pneumatische Elemente.

Beschicken: zusammenfassende Bezeichnung für alle Vorrichtungen, die

sowohl die Werkstückhandhabung an Fertigungseinrichtungen betreffen, z. B. das lagegerechte Eingeben von Teilen in eine Spannvorrichtung, als auch das Bewegen der Werkstücke zwischen diesen. B. ist ein Unterbegriff des ↗ Handhabens.

Beschickungseinrichtung ↗ Einlegeeinrichtung.

Beschickungsgrad: Kenngröße, die angibt, wieviel Maschinen in Abhängigkeit von einer Aufstellvariante von einem IR beschickt werden können. Der B. hängt vor allem vom Automatisierungsgrad und der Bauart des Roboters ab.

Beschickungskanal: freier, zur Spannstelle einer Bearbeitungsmaschine führender Raum, der nicht durch Bauelemente beeinträchtigt wird. Er ist oft kanalförmig und dient der Beschickung mit Werkstücken. Je nach Bauart der Maschine kann der B. geradlinig verlaufen oder bestimmten Erfordernissen angepaßte, geknickte oder gekrümmte Beschickungsrichtungen haben. Die Bewegungen für die Erzeugung der Beschickungsrichtung werden vom IR ausgeführt, gegebenenfalls durch Überlagerung mehrerer Grundbewegungen.

Beschickungsraum: Teil des Arbeitsraums eines IR, der für das Beschicken einer Maschine benötigt wird. Der B. wird in Kubikmeter angegeben und ergibt sich aus der Art und Anzahl der zu beschickenden Maschinen und peripheren Einrichtungen.

Beschickungsraumumfang: Bewertungsgröße für einen Beschickungsroboter, die den in Metern anzugebenden Umfang des auf die Bodenebene projizierten Arbeitsraums angibt.

Beschickungsroboter, Transferautomat: IR, der die zur Erfüllung von Arbeitsoperationen notwendigen Werkstückhandhabungen ausführt, wie Eingeben, Ausgeben, Weitergeben usw. Sein Bewegungszyklus ist oft gleichbleibend, es ändern sich lediglich die Anzahl der Schritte und die Lage der Endpunkte. Handhabevorgänge werden z. B. durch B. an spanenden und umformenden Werkzeugmaschinen, Druckgieß- und Plastspritzmaschinen, Keramikpressen u. a. ausgeführt. Der B. wird auch als *Handhaberoboter* bezeichnet.

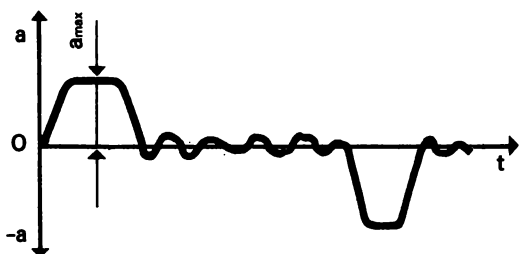
Beschickungsspeicher: Werkstückspeicher zum Beschicken von Fertigungseinrichtungen. B. realisieren die automatische Werkstückzufuhr an Einzelautomaten oder an der ersten Maschine einer automatischen Maschinenfließreihe. Bei Montageautomaten werden B. für jedes Montageteil benötigt.

Beschickungszeit: die von einem Beschickungsroboter benötigte Zeit, um einen vollständigen Werkstückwechsel, d. h. Entnahme des Fertigteils und Einsetzen des neuen Rohteils, an einer Maschine durchzuführen. Die B. ist die Zeit, die von der Beendigung eines Fertigstellungsvorgangs bis zum Wiederanlauf des Fertigungsmittels vergeht. Bei Mehrmaschinenbedienung kann es außerdem zu Wartezeiten kommen.

Beschleunigung: Änderung der Geschwindigkeit je Zeiteinheit. Die Maßeinheit der B. ist m/s^2 bzw. rad/s^2 . Mitunter wird die B. auch als Vielfaches der Erd-B. angegeben. So gilt z. B. für IR als Richtwert für die B. 0,5 bis 1 g bei geregelten Antrieben und bis 1,5 g bei gesteuerten ($g = 9,80665 m/s^2$ als

Normalfall-B.). Die B. kann in jedem Bahnpunkt in die Komponenten Bahn- bzw. Tangential-B. sowie in die Normal- bzw. Radial-B. zerlegt werden. Um ein sicheres Halten eines HHO im Greifer bei geringer Greifkraft zu ermöglichen, soll in Richtung der größten B.komponente $\nearrow$ Formpaarung vorgesehen werden. Das kann durch entsprechende Orientierung des Greifers erfolgen.

Beschleunigungsverhalten: Verlauf der Beschleunigung a vom Verlassen der Startposition zum Zeitpunkt t_0 bis zum Erreichen der Zielposition zum Zeitpunkt t_1 . Die mittlere Beschleunigung ist der Quotient aus der am Ende der Beschleunigungsphase erreichten Geschwindigkeit und der dazu benötigten Zeit. Abb.



Beschleunigungsverhalten: Beschleunigungsverlauf bei einem Bewegungsablauf (a Beschleunigung, t Zeit)

Bestimmen: im Vorrichtungsbau die eindeutige Festlegung der Position eines Körpers und seiner Orientierung in einer Werkstückspannvorrichtung.

Bestückungsautomat: prozeßspezifische Handhabeinrichtung, die in der Elektronik zum Bestücken von Leiterplatten mit Bauelementen dient. Das Handhaben der Bauelemente erfolgt durch spezielle Bestückungsköpfe, wobei die Bauelemente entweder aus Magazinen entnommen werden oder als Gurt bzw. Sequenzgurt ($\nearrow$ Sequenzer) vorliegen.

Betriebsart: 1. wählbarer Arbeitszustand eines IR, der durch Bedienhandlungen an der Steuerung, z. B. Wahlschalterstellung, eingestellt wird. B.en lassen sich unterteilen in *Handbetrieb* (Einrichten, Referenzpunkt anfahren), *Automatikbetrieb* (Automatik, Schritt- bzw. Satzautomatik, Zyklusautomatik, Satzsuchlauf), *Programmierbetrieb* (Teach-in direkt und indirekt, Redigieren, Generieren, textuelle Programmierung, spezielle B.en, wie Programm von bzw. nach externen Speichern einlesen bzw. ausgeben) und *Diagnosebetrieb*. Je nach Anforderungen an den IR und Steuerungskomfort werden diese B.en in unterschiedlichem Umfang verwirklicht (Diagnose). Der Mindestumfang einer B. umfaßt Einrichten und Automatik. – 2. Existenz der B.en z. B. *Inbetriebnahme*, *Automatik*, *Diagnose* in einer IR-Steuerung (Mikrorechnersteuerung).

Betriebsbereich: Bereich eines IR, in dem er in bezug auf Belastung, Wege,

Winkel, Geschwindigkeit und Beschleunigung im Dauerbetrieb arbeiten kann, ohne Schaden zu nehmen. Wird eine Betriebsnennngrenze überschritten, befindet sich der IR im ↗ Außerbetriebnahmebereich.

Betriebssoftware ↗ **Betriebssystem**.

Betriebssystem, *Betriebssoftware*: Bezeichnung für die Gesamtheit der vom Steuerungsentwickler in einer speicherprogrammierten Steuerung gespeicherten oder auf einem externen Speicher bereitgestellten Steuerprogramme. Sie dienen zur Realisierung aller Funktionen dieser Steuerung, einschließlich der, die zur Bearbeitung des Anwendersystems benötigt werden.

Beugefinger: Finger eines IR-Greifers, der so konstruiert ist, daß er sich während des Greifvorgangs zum HHO hin beugt. Neben mechanischen, mehrgliedrigen B., die meist über Seilzüge angetrieben werden, ist vor allem der pneumatische B. (↗ Finger, pneumatischer) wegen seiner Einfachheit interessant. Die Greifkräfte von B. sind jedoch nur gering, etwa 20 N. Mehrere B. bilden i. allg. einen Fingergreifer.

bewegen: in der ↗ Handhabetechnik zeitabhängiger, elementarer Vorgang zur Veränderung der Lage eines HHO (Drehlage), der Position des Objekts (Ort), auch zum Verändern von Mengen (↗ Zusammenführen, ↗ Zuteilen).

Beweglichkeit: Gesamtheit der Richtungen und Lagen eines IR, in die das ↗ Arbeitsorgan gebracht werden kann. Die Verwendung einer ↗ Verfahrenseinheit erhöht die B. Diese Art der B. wird auch als Mobilität bezeichnet.

Beweglichkeitsgrad ↗ **Getriebefreiheitsgrad**.

Bewegung: zeitabhängige Lageänderung eines Punkts oder eines Körpers in einem Bezugssystem. Vgl. Absolutbewegung, Führungsbewegung, Relativbewegung.

Bewegungsachse: Möglichkeit des Führungsgetriebes und des Arbeitsorgans, eine Bewegung in einer bestimmten Richtung auszuführen. Die Anzahl der B. ist i. allg. identisch mit der Anzahl der selbständigen, voneinander unabhängigen Schub- und Drehantriebe. Sie dienen zur Erzeugung definierter Bewegungen zum Positionieren und Orientieren eines ↗ Effektors. Hilfsbewegungen für z. B. Spannen und Pendeln (↗ Pendeleinrichtung) werden nicht zu den B. gezählt. Vgl. Achsenbezeichnungen.

Bewegungsachse, freiprogrammierbare: Bewegungseinheit eines IR, die bei der freien Wahl von Positionssollwerten innerhalb des Fahrweges keiner Beschränkung unterliegt und für die die Sollwerte von der Steuerung bereitgestellt werden. Es handelt sich dabei überwiegend um numerisch gesteuerte Bewegungseinheiten (Steuerung, numerische), die auch als NC-Achsen bezeichnet werden und mit einem Wegmeßsystem ausgestattet sind. Eine Ausnahme ist die Sollwertvorgabe durch Potentiometer auf dem Bedienfeld der Steuerung. Die Zahl der möglichen Sollwerte wird aber immer durch die Zahl der Sollwertpotentiometer begrenzt.

Bewegungsbedingungen: Bestandteil eines Handhabeprogramms, mit dem hauptsächlich auf Qualität und Optimierung der Bewegung von Achsen Einfluß genommen werden kann. Entsprechende Forderungen leiten sich

bei IR aus dem dynamischen Bewegungsverhalten der Achsen, vergleichsweise hohen Verfahrensgeschwindigkeiten und variablen Massenträgheitsmomenten ab. Die B. beinhalten Vorgaben für die Beeinflussung der Geschwindigkeits- und der Beschleunigungs-Zeit-Funktion, Interpolations- und Überschleifbedingungen, Suchen von Objekten entlang einer Linie u. ä. Die B. sollen ein stabiles und optimiertes Bewegungsverhalten und spezielle Bewegungsbahnen gewährleisten.

Bewegungsbefehl: am IR Bewegungen auslösender Befehl, z. B. das Verfahren einer Bewegungsachse. Vgl. Achsbefehl.

Bewegungskoordinaten: Koordinaten, die Raumpunkte innerhalb des Arbeitsbereichs eines IR angeben, und eine Bewegungsbahn (Bahnkoordinaten) beschreiben oder die Antriebskoordinaten zur Erreichung dieser Raumpunkte angeben.

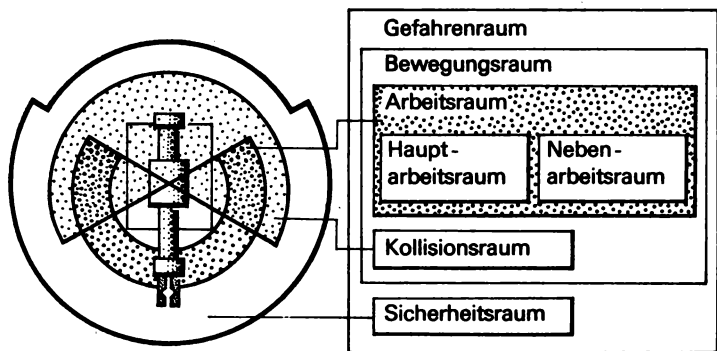
Bewegungskraft: die Kraft eines IR, die er für Bearbeitungs- oder Fügevorgänge aufbringen kann. Die B. ergibt sich rechnerisch aus dem Produkt von Masse und Beschleunigung. Die Ersatzmasse kann näherungsweise rechnerisch bestimmt werden, die Beschleunigung ist meßbar. Die B. muß auch aus sicherheitstechnischen Gründen bekannt sein, z. B. zur Auslegung von Schutzzäunen.

Bewegungsprogramm: Handhabeprogramm bzw. Teil eines Handhabeprogramms, das die Anweisungen für die Bewegungssteuerung enthält. Vgl. Ablaufprogramm, PC-Programm.

Bewegungsprogrammierung: Aufnahme eines $\nearrow$ Bewegungsprogramms.

Bewegungsraum: Arbeits- und Kollisionsraum eines IR, die beide durch die IR-Abmessungen und die gewählte kinematische Struktur bestimmt werden. Beim Abfahren einer definierten Bewegungsfolge entsteht der programmierte B., der gleich oder kleiner als der gerätespezifische ist und sich von Aufgabe zu Aufgabe ändern kann. Abb.

Bewegungsraumzahl: Kenngröße, die die Beweglichkeit einer kinematischen Kette widerspiegelt, d. h. das Vermögen, Hindernisse zu umgehen oder z. B. in Hohlkörper zu greifen. Die B. ergibt sich aus dem Quotienten



Gliederung des Bewegungsraums

von $\nearrow$ Kollisionsraum und dem latenten Arbeitsraum, der entsteht, wenn außer dem realen Arbeitsraum auch die Überdeckungen berücksichtigt werden, die sich durch redundante Getriebeglieder ergeben.

Bewegungssequenz $\nearrow$ Handhabesequenz.

Bewegungssteuerung: funktioneller Bestandteil einer IR-Steuerung, der Bewegungsinformationen des Handhabeprogramms und der aktuellen Weg- bzw. Winkelposition der Bewegungseinheiten in Steuerinformationen für den Antriebssteller verarbeitet.

Von der B. wird i. allg. eine Gleichspannung ausgegeben, deren Betrag proportional zur Bewegungsgeschwindigkeit ist und deren Vorzeichen die Bewegungsrichtung bestimmt, z. B. $-10 \text{ V} \leq U \leq +10 \text{ V}$. B.en werden im offenen Wirkungsweg als Abschaltkreis, im geschlossenen Wirkungsweg als Abschaltkreis oder Lageregelkreis bzw. als Punktsteuerung oder Bahnsteuerung realisiert. Abb.

PROGRAMMSTEUERUNG			
Bewegungs- steuerung	Aktions- steuerung	Dialog- steuerung	Daten- austausch- steuerung
Achsanpassung	Prozeß- anpassung	Bedienfeld	Dateninterface
			
Grundgerät (IR)	technologischer Prozeß	Programmierer Bediener	Zentral- steuerung Leitrechner

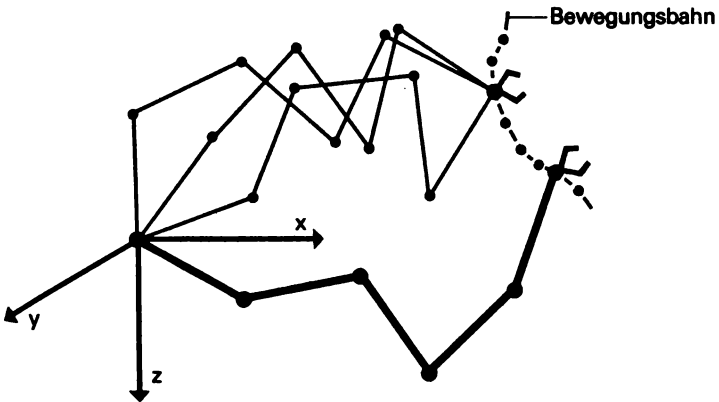
Einordnung der Bewegungssteuerung in eine Programmsteuerung

Bewegungsumfang: Bewertungsgröße für die Bewegungseigenschaften eines mehrdimensionalen, mechanischen Systems. Sie läßt sich verwenden, um eine optimale, d. h. bewegungs- oder zeitminimale, Bewegung zu erzeugen. Die Systemkoordinaten x_j , y_j , z_j lokalisieren den im Punkt A_j befindlichen Greifer. Jede Greiferposition A_j ergibt sich aus einer entsprechenden Kombination aller Winkel φ_i . Bewegungen des Greifers entstehen durch (zeitliche) Änderungen der Winkel, also $\varphi_i(t)$. Der B. $\Omega = \sum_{i=1}^n a_i \int_{t_0}^{t_1} |\dot{\varphi}_i(t)| dt$ ergibt sich aus dem Bewegungsgesetz $\dot{\varphi}(t)$ und den Längen a_i der Armsegmente. Abb.

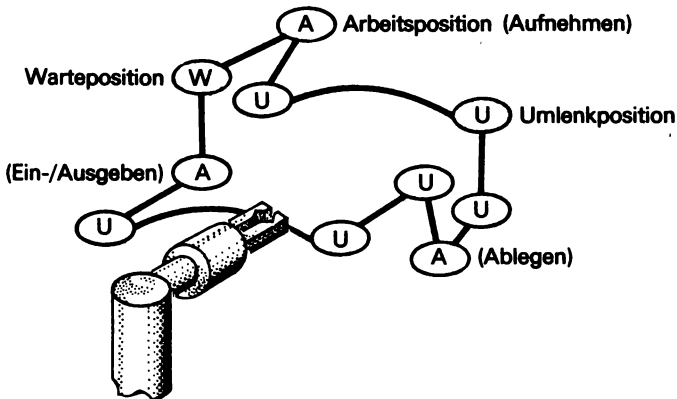
Bewegungszyklus, Handhabezyklus: Gesamtheit der translatorischen und

bzw. oder rotatorischen Bewegungen und die einzunehmenden Positionen des IR zur Durchführung einer bestimmten, in sich abgeschlossenen Bewegungsfolge einschließlich der Rückführung des Greifers in die Ausgangsstellung. Der B. ist in erster Linie von der technologischen Aufgabenstellung abhängig. Weiterhin beeinflussen HHO, technologische Ausrüstungen, Umgebungsbedingungen und das Führungsgetriebe des IR den B. Innerhalb eines B. sind vom IR Arbeitspositionen, Warte- und Umlenkpositionen anzufahren. Suchpositionen treten beim sensorgeführten Roboter ($\rightarrow$ Suchprogramm) auf. Vgl. Geschwindigkeitsverhalten, Taktzeit. Abb.

Bezugskoordinatensystem: Koordinatensystem, das sich i. allg. auf ein System bezieht, welches einen Körper umgibt. Koordinatenursprung und



Bewegungsumfang: Bewegungsvarianten bei einem Gelenkmechanismus



Beispiel für einen Bewegungszyklus

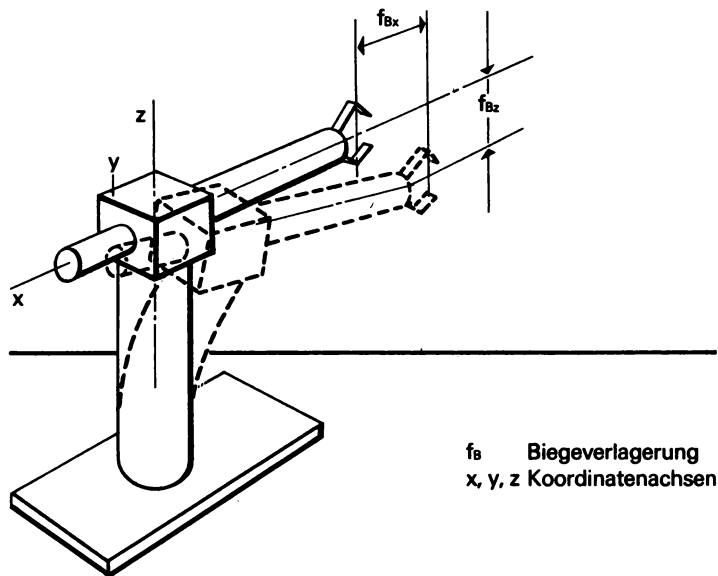
Richtung der Achsen sind von der Aufgabenstellung abhängig und können z. B. durch die Anordnung von Fertigungseinrichtungen oder Gebäudeelementen vorgegeben werden. Vgl. Koordinatensystem, körpereigenes.

Biegeverlagerung: Verschiebung des $\nearrow$ Arbeitsorgans bei einem IR infolge Formänderung der stabförmigen Bauteile unter dem Einfluß von Querkraften bzw. Biegemomenten. Die B. wird für die ungünstigste Stellung des Arbeitsorgans angegeben und ist Bestandteil der $\nearrow$ Greiferverlagerung. Die B. ist für die verschiedenen Koordinatenrichtungen getrennt zu ermitteln. Die Kenntnis der Einflußfaktoren ist Grundlage für konstruktive Weiterentwicklungen. Abb.

bilateral: bei $\nearrow$ Master-Slave-Manipulatoren (MSM) die Übertragung von am Sklavenarm auftretenden Kräften, wie Arbeitswiderstände und Schwer- und Trägheitskräfte zum Meisterarm. Diese Kräfte werden am Steuerhandgriff vom Bediener wahrgenommen bzw. müssen von ihm als Reaktionskraft aufgebracht werden. Mechanische MSM sind immer b. Bei modernen elektrohydraulischen und elektrischen MSM wird eine $\nearrow$ Krafrückführung durch b. Regelkreise erreicht. Vgl. unilateral.

Bildanalyse: in der automatischen Bildverarbeitung eine Stufe in der Verarbeitungshierarchie, in der die Modellanpassung, Klassifikation, Merkmalsmanipulation auf hoher Sprachebene, Bildinterpretation u. a. erfolgen und die durch Techniken der künstlichen Intelligenz gekennzeichnet ist.

Bildauflösung $\nearrow$ Bildraasterung.



Darstellung der Biegeverlagerung bei einem Industrieroboter

Bildaufnehmer ↗ **Bildsensor**.

Bildbeschreibung: in der automatischen Bildverarbeitung eine Stufe in der Verarbeitungshierarchie, in der die Ableitung aggregierender Merkmale erfolgt, z. B. morphometrische, textuelle, multispektrale u. a.

Bilddatenreduktion ↗ **Datenreduktion**.

Bilddigitalisierung: Umwandlung ursprünglich analoger Daten eines Bilds über einen optischen Bildsensor durch Rasterung in bezug auf den Ort und Quantisierung in bezug auf die Meßwerte. Übliche Auflösungen sind z. B. 32×32 bis 1024×1024 Pixel.

Das digitalisierte Bild eines Objekts ist eine Funktion von Objekt (Form, Abmessung, Oberfläche, Position, Orientierung, Bewegung u. a.), Beleuchtung (Blitzlicht, Punktlicht, Spektralbereich, Auflicht, Durchlicht, Kontrast, Beleuchtungswinkel u. a.), Kamera (Abstand, Winkel, Verzerrung, Scharfeinstellung u. a.), Sensor (Empfindlichkeit, Auflösungsvermögen, Meßschwelle, Linearität u. a.), Rechner (Zentraleinheit, Speicher, Peripherie, Bediensystem, Zykluszeit u. a.), Algorithmen (Punkt, Linie, Umfang, Kontur, Schwerpunkt, Trägheitsmoment u. a.), Suchprogramm (Koordinatensystem, Orientierung, Bezugspunkt, Startpunkt, Konvergenz, Stabilität u. a.), Implementierung (Sprache, Struktur, Fehlerempfindlichkeit u. a.), Zeit (Objektbewegung, Belichtungszeit, Sensordynamik, Rechenzeit als Funktion von Zyklusdauer, Zahl der Sensorelemente, Algorithmen und ihrer Implementierung u. a.).

Bildelement ↗ **Pixel**.

Bilderkennung: im Zusammenhang mit dem Industrieinsatz von Robotern ein Spezialgebiet der automatischen Bildverarbeitung. Mit Hilfe der B. können technische Objekte in ihren Lagen, Zuständen und Veränderungen als digitale Bilder beschrieben werden. Der B. können folgende Aufgabenstellungen zugrunde liegen: Anwesenheitskontrolle, Sortieren, Ordnen, Magazinieren, Montieren bekannter Teile, Qualitätskontrolle und -sicherung durch Prüfen auf Vollständigkeit, Oberflächengüte, Maß- und Formhaltigkeit, Teileerkennung mit eingelernten Modellen, Lagebestimmung von Teilen sowie visuell unterstütztes Greifen in der Bewegung. Die B. wird mit Verfahren der Szenenanalyse durchgeführt. Der Aufwand zur Signalverarbeitung wächst dabei mit der Komplexität der Szene. Vgl. Objekterkennung, Mustererkennung, Erkennungssystem.

Bildpunkt ↗ **Pixel**.

Bildraasterung: in der automatischen Bildverarbeitung die Auflösung eines Abbildes in einzelne, auf regelmäßig angeordneten Linien befindliche Bildelemente. Die Szene wird umso besser repräsentiert, je dichter das Raster ist.

Bildrestauration: in der automatischen Bildverarbeitung eine Stufe der Informationsvorverarbeitung, bei der eine von zufälligen oder systematischen Fehlern freie Abbildung erzeugt wird. Außerdem werden Verzerrungen durch das Aufnahmesystem und durch Signalauschen korrigiert sowie eine Bildreinigung durch Filterung, eine Konturverschärfung u. a. vorgenommen.

Bildschirmgerät, Anzeigegerät, Display: kombiniertes Ein- und Ausgabegerät

mit einer Anzeigeanordnung zur optischen Darstellung der Information elektrischer Signale in Form flächenhafter Zeichen oder Bilder. Das B. hat zur Datenausgabe eine Bild- oder Farbbildröhre, auf deren Schirm die Informationen abgebildet werden. Für die Dateneingabe steht je nach Ausstattung eine Tastatur, ein Lichtstift oder -griffel zur Verfügung. Vgl. Terminal.

Bildsegmentierung: in der automatischen Bildverarbeitung eine Stufe der Informationsvorverarbeitung, bei der das Bild in Gebiete zerlegt wird, die Objekten oder Teilen von ihnen entsprechen. Beispiele dafür sind Konturdetektion nach Richtung und Betrag, Separierung homogener Gebiete und Erzeugung eines Binärbildes.

Bildsensor: Bauelement ($\rightarrow$ Sensorelement) zur Umwandlung der optischen Abbildung einer Szene in ein elektrisches Signalmuster. Der B. ist eine zeilen- oder matrixförmige Anordnung von Wandlerelementen (Rezeptoren), die nach einem festgelegten Bildabtastalgorithmus abgefragt werden. Gegenüber Röhren-B.en, z. B. Plumbikon, haben die auf Halbleiterbasis arbeitenden B.en eine geringere geometrische Verzerrung, keinen Nachzieheffekt, einen größeren Dynamikbereich und sie sind unempfindlicher gegen Überbelichtungen und mechanische Erschütterungen. In B.en werden $\rightarrow$ Binärbilder, Grauwertbilder, multispektrale Bilder (Farbbilder u. a.), Lichtschnitt- oder Stereobilder verarbeitet. Tab.

Bildspeicher: elektronischer Informationsspeicher, der in Bildverarbeitungssystemen Bilddaten speichert. Diese können bei $\rightarrow$ Binärbildern als

Technische Daten verschiedener Bildsensoren

Basis	Sensor	lichttemp- findliche Fläche Durch- messer in mm	Anzahl von Bild- elementen	Größe der Bild- elemente in μm^2	Auslese- frequenz der Bild- elemente in MHz	nutzbarer Spektral- bereich in nm
Bild- röhre	Plumbikon	25...46	40 000	50×50	max. 7	300...800
	Multi- dioden- vidikon	16...25	100 000... 1 000 000	12×12	max. 5	400...1 000
Halb- leiter	Foto- dioden- matrix	3,2...5	50×50	100×100	0,5	200...1 100
	CCPD-Ma- trix	6×6	100×100	60×60	10	200...1 100
	CCD-Matrix	3×4 7,3 $\times$ 9,75	100×100 512 $\times$ 320	30×40 30×40	max. 5 3	400...1 000 400...1 000
	CID-Matrix	3×6	128×128	45×45	5	400...1 100

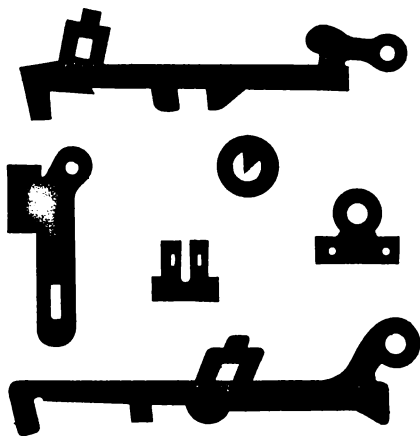
Schwarz-weiß-Übergangswerte oder bei Grauwertbildern als zweidimensionale Folge der Bildpunktintensität bzw. Helligkeit vorliegen.

Bildvorverarbeitung ↗ Run-length-Bildvorverarbeitung.

Bildwandlersystem ↗ Bildsensor.

binär: 1. System, das nur 2 Zustände oder 2 Zahlen kennt. – 2. Eigenschaft, die eine Auswahl, beliebige Wahl oder Bedingungen enthält, bei der es 2 Möglichkeiten gibt.

Binärbild: Schwarz-weiß-Darstellung (Objektsilhouette) flächiger Teile oder eines räumlichen Objekts. Das B. dient häufig als Ausgangsbasis für eine automatische Bilderkennung, ist für einfache Erkennungsaufgaben wie Anwesenheitskontrolle, Sortieren, Ordnen und Magazinieren vorzugsweise flacher Objekte ausreichend und hat den Vorteil wesentlich geringeren Datenanfalls gegenüber Grauwertbildern. Voraussetzung für die Erzeugung von B.ern sind gute Kontrastverhältnisse zwischen Objekt und Hintergrund. Abb.



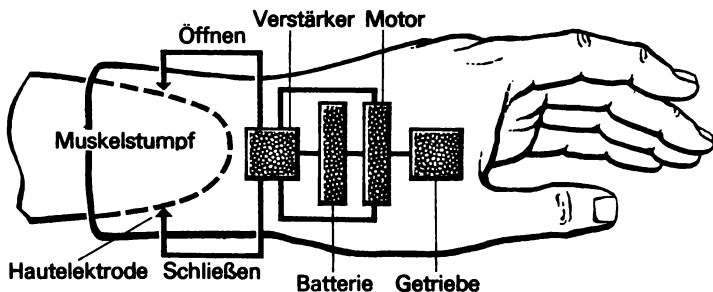
Darstellung von Werk-
stücken als Binärbild

Binärkode: Bezeichnung für einen Kode, bei dem den Informationen Kode-
wörter zugeordnet werden, die ausschließlich aus den Zeichen 0 und 1 auf-
gebaut sind. Für die IR-Steuerungstechnik haben Bedeutung:

- der ↗ Dualkode, ↗ BCD-Kode und ↗ Gray-Kode zur Ziffern- und Zah-
lendarstellung,
- die ↗ 7-Bit-Kodes zur Darstellung von Buchstaben, Ziffern, Operations-,
Interpunktions- und Steuerzeichen,
- die Maschinenkodes zur binären Darstellung von Befehlen und Anwei-
sungen von Programmiersprachen.

Binärsensor ↗ Berührungssensor, binärer.

Binärwort: endliche Folge von binären Zeichen. Die Anzahl der Stellen ei-
nes B. ist hardwaremäßig festgelegt durch die Realisierung von Speicher-
plätzen und Registern, Operandenstruktur u. a.



Myoelektrisch gesteuerte Biohand

Biohand: funktionelle, technische Nachbildung der menschlichen Hand, die durch myoelektrische Ströme gesteuert werden kann. Die B. wird als Handprothese oder als Manipulator verwendet. Die auszuwertenden Muskelaktionspotentiale liegen im Bereich von 0,02 bis 0,08 mV. Moderne Biohände erreichen Greifkräfte von 30 bis 70 N und Schließgeschwindigkeiten der Finger von 11 cm/s. Die erste in Serie produzierbare B.wurde 1959 von der UdSSR auf der Weltausstellung in Brüssel vorgestellt. Abb.

Biomechanik: Teilgebiet der Biophysik. Die B. befaßt sich mit der Untersuchung der mechanischen Erscheinungen in biologischen Systemen. Die Erkenntnisse der B. nahmen Einfluß auf die Entwicklung von Manipulatoren, Pedipulatoren, Greifern und Prothesen.

Bionik: Grenzgebiet zwischen Biologie und Technik, das Bau und Funktion biologischer Systeme für die Lösung vorwiegend technischer Probleme nutzbar macht. Es zeigt sich, daß im biologischen Bereich i. allg. ein Maximum an Leistung mit einem Minimum an materiellem, energetischem und räumlichem Aufwand erzielt wird. Das führt u. a. zu einer ausschließlichen Verwendung von Gelenken, mit denen nur Drehbewegungen aber keine Schubbewegungen ausgeführt werden können und dazu, daß die einzelnen Glieder überwiegend auf Zug und Druck, aber weniger auf Torsion und Biegung beansprucht werden. Aus diesen Überlegungen folgt die auch im Weltmaßstab zunehmend feststellbare Orientierung auf raumsparende Dreheinheiten bei IR mit elektrischen Antrieben. Bemerkenswert ist, daß das Prinzip des min. Masse-Leistungs-Verhältnisses gegen die modulare Bauweise spricht, wenn darunter die Austauschbarkeit bzw. baukastengleiche Um- und Ansetzbarkeit von Strukturgliedern verstanden werden soll. Wenn keine Überdimensionierung erfolgen soll, zieht notwendigerweise jede strukturelle Veränderung in einer offenen $\nearrow$ kinematischen Kette die leistungsmäßige Anpassung der seriell vorgeordneten Antriebselemente nach sich. Die Modularität erweist sich dagegen als zweckmäßig bei der inneren Strukturierung der einzelnen Glieder.

Biopotential: meßtechnisch im oder am lebenden Organismus nachweisbare elektrische Vorgänge, die durch elektrische Aktivität von Nervenzellen, -fasern und Muskeln hervorgerufen werden. Die Ableitung des B. ge-

schiebt mit geeigneten Elektroden sowie Verstärkern direkt am lebenden Organismus. Für die Steuerung technischer Systeme, z. B. Prothesen oder ferngesteuerte Manipulatoren, interessieren besonders die Muskelaktionspotentiale. Zur elektrischen Steuerung von Prothesen muß eine noch intakte Nervenversorgung der Muskeln vorhanden sein.

Bit [engl., Abk. für *binary digit*]: Bezeichnung für eine einzelne Stelle eines Binärworts, deren Wert „0“ oder „1“ sein kann. Besonders bezeichnet werden das MSB [Abk. für *most significant bit*], das höchstwertige B., und das LSB [Abk. für *least significant bit*], das niedrigstwertige B.

Die Kleinschreibung „bit“ wird vorgenommen, wenn die Anzahl der zur Informationsdarstellung verwendeten oder benötigten Binärstellen gekennzeichnet werden soll; z. B. eine Datenwortbreite von 8 bit, eine Speicherkapazität von 1024 bit = 1 Kilobit.

Blitzbeleuchtung: *Blitzlichtvorrichtung*: Einrichtung zum Beleuchten von sich bewegenden HHO, um Bewegungsunschärfen zu vermeiden, die bei Objekterkennungseinrichtungen zu Fehlern führen können. Die B. kann auch im Infrarotbereich, also für den Menschen unsichtbar, betrieben werden.

Blitzlichtvorrichtung ↗ **Blitzbeleuchtung**.

Blockstapelung: mehrfach hintereinander angeordnete Stapelreihen, von denen mindestens eine von der Abnahmeseite aus nicht unmittelbar zugänglich ist.

BNF: Abk. für *Backus-Naur-Form*. ↗ *Backus-Notation*.

Boolesche Algebra, Schaltalgebra: nach dem englischen Mathematiker *George Boole* bezeichnete abstrakte Algebra mit ausschließlich zweiwertigen Variablen (binäre Signale), die nur den Wert 0 oder 1 annehmen können. Sie wird auch Algebra der Logik genannt. In ihrer Interpretation als Schaltalgebra besitzt die B. A. große praktische Bedeutung für die Automatisierungstechnik, sowohl für die Analyse als auch Synthese von komplizierten Schaltnetzwerken.

Bondroboter: Einrichtung, die bei der Herstellung integrierter Schaltkreise automatisch dünne Gold- oder Aluminiumdrähte durch Thermokompression (Bonden) an den Bondinseln befestigt und an die Anschlußkontakte des Gehäuses führt.

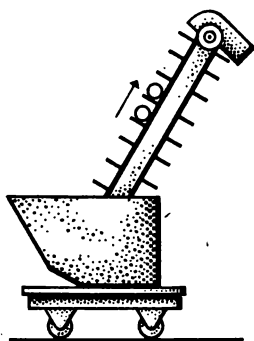
BRA [engl., Abk. für *British Robot Association*]: im Jahre 1977 in Großbritannien gegründeter Fachverband, der die nationalen Industrieroboterhersteller und Forschungseinrichtungen vereinigt.

Bremse: Vorrichtung zum Anhalten sich bewegender sowie zum Feststellen stillstehender Teile. Eine häufig angewendete Art, um Achsantriebe an IR zu bremsen, ist die Gegenstrom-B. Die federbelastete Reibungs-B. dagegen wirkt ausschließlich mechanisch und entwickelt beim Bremsvorgang Wärme. Sie ist auch bei Netzausfall noch wirksam.

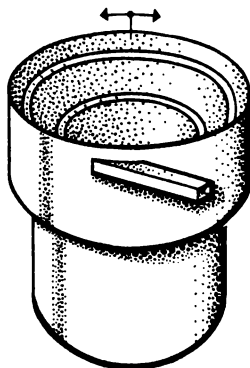
Bremsphase: Teil eines Bewegungsverlaufs, bei dem aus der ↗ Konstantfahrphase zu einer geringeren ↗ Verfahrensgeschwindigkeit bzw. zum Stillstand übergegangen wird. Für die B. kann eine bestimmte Bremskurve vorgesehen werden. Wird diese sehr flach gewählt, läßt sich ein ↗ Überspringen verhindern, allerdings zu Lasten größerer Fahrzeiten.

Brennerreinigungsgerät: Einrichtung an Schweißroboterarbeitsplätzen zum automatischen Spannen der Brennerdüse und Beseitigung von Schweißspritzern. Die Reinigung erfolgt z. B. durch einen Formfräser, der mit Innen- und Außenschnittkanten versehen ist und der Strom- und Gasdüse in einem Arbeitsgang bearbeitet, ohne dabei die Düsenwände zu beschädigen. Während des Reinigungsvorgangs, der beliebig oft im Programm vorgesehen werden kann, werden die Späne automatisch abgeblasen. Mitunter werden die Düsen anschließend in einer zweiten automatischen Station mit Antihafspray behandelt.

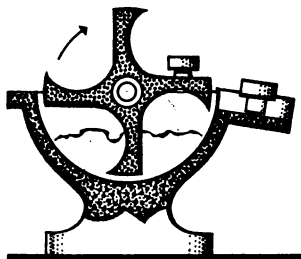
Bunker: in der Handhabetechnik Behälter zum zeitweiligen Aufbewahren von ungeordnetem Stückgut. B. enthalten Einrichtungen zum Austragen und Ordnen von Werkstücken und werden dann in Verbindung mit dem aktiven Element zum Ordnen benannt. Abb.



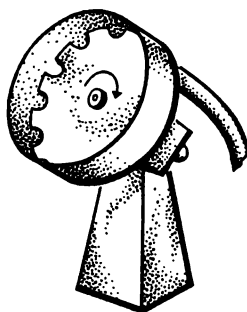
Fächerbandbunker



Vibrationswendelbunker



Schöpfradbunker



Zellenradbunker

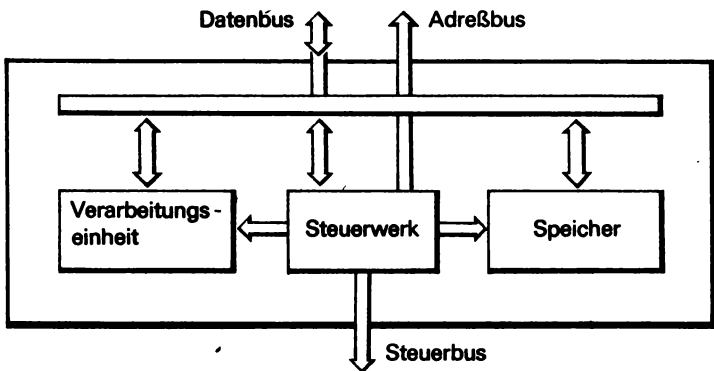
Bunker: Bauarten von Werkstückbunkern

Bunkern: Handhabeoperation, die das zeitweilige Aufbewahren (Speichern) von ungeordneten HHO in Behältern bezeichnet.

Bürstenaustragsbunker: spezielle Handhabeinrichtung zum Herauslösen einzelner Wirrteile ($\nearrow$ Wirrgut) aus einem Haufwerk. Aktives Organ des B. ist eine zylindrische Bürste, die in die Auswurföffnung des trichterförmigen Bunkers eingebaut ist und die sich in einem einstellbaren Takt um einen bestimmten Winkel pendelnd dreht. Das Haufwerk wird dabei hin- und herbewegt, entwirrt und einzelne Teile werden durch die Bürste nach unten aus dem B. gefördert.

Bus, Datensammelschiene, Sammelschiene: Sammelleitungssystem für Daten, Adressen und Steuersignale vorzugsweise in Steuerungen mit Mikrorechnern. Der B. eines aus einem bestimmten Mikrorechnersystem konfigurierten Mikrorechners wird auch als System-B. bezeichnet, seine Leitungsbelegungen und damit die Kontaktbelegungen der zum System gehörenden Module sind für das betreffende System standardisiert. Im Gegensatz dazu dient der Koppel-B. zur Kopplung mit anderen Mikrorechnern und wird entsprechend den Erfordernissen der Kopplung, gegebenenfalls auch für den Einsatz systemfremder Baugruppen, z. B. für Meßwertaufbereitung, genutzt. Abb.

Byte: Sammelbegriff für eine Gruppe zusammenhängender Bits, z. B. ein Binärwort von 8 bit Breite, die i. allg. als eine Einheit behandelt werden. Die Kleinschreibung „byte“ wird in den Fällen vorgenommen, in denen die Anzahl der z. B. 8 bit breiten Binärworte gekennzeichnet werden soll (1024 byte = 1 Kilobyte).



Bus: Darstellung des Busprinzips

C

CAMS [engl.]: 1. Abk. für *cybernetical anthropomorphic mechanic system*. ↗ Synchrontelemanipulator, ↗ walking-truck. – 2. Abk. für *computer aided manufacturing system*. ↗ rechnergeführtes Fertigungssystem, ↗ Fertigungssystem, flexibles.

Čapek, Karel: tschechischer Schriftsteller (1890 bis 1938), dessen Werke in 26 Sprachen übersetzt wurden. In seinem Schauspiel „RUR“ (Rossum's Universal Robots) hat er den Begriff Roboter eingeführt. In diesem Kollektivdrama ist der Roboter eine Maschine, die dem Menschen äußerlich ähnlich, aber im Sinne der kapitalistischen Leistungsgesellschaft „vollkommen“ ist. Sie übertrifft den Menschen, „befreit“ ihn von der Arbeit und vernichtet ihn schließlich.

CCD [engl., Abk. für *charge coupled device*]: ladungsgekoppeltes Bauelement. Es ist für CCD-Halbleiterbildsensoren von Bedeutung. Sie bestehen aus dem optoelektronischen Bildaufnahme- (Bildwandler-) Teil, dem (Zwischen-) Speicherteil und dem Ausgangsregister. Im optoelektronischen Bildaufnahmeteil werden in Abhängigkeit von der Beleuchtungsstärke Ladungen in zeilenförmig angeordneten MOS-Kondensatorelementen erzeugt, die dann durch Anlegen von Taktsignalen nach unterschiedlichen Prinzipien in den (Zwischen-) Speicherteil übertragen werden. Von hier aus erfolgt über das Ausgaberegister das serielle Auslesen der Bildinformation. Der gesamte Vorgang ist so organisiert, daß jeweils die eine Hälfte der CCD-Wandlerelemente belichtet wird, während von der anderen Hälfte die Bildinformation in den (Zwischen-) Speicher übernommen und ausgelesen wird (Halbbildverfahren). Die zeilenförmig angeordneten MOS-Kondensator-Elemente (CCD-Elemente) entstehen dadurch, daß auf ein mit einer Oxidschicht isoliertes Halbleitersubstrat eine entsprechende Anzahl von Metallelektroden aufgebracht wird.

CCITT [franz., Abk. für *Comité Consultatif International Telegraphique et Telephonique*]: beratender Ausschuß für Telegrafie und Telefonie des Internationalen Fernmeldevereins. Das CCITT hat mehrere Fernschreibkodes für den öffentlichen Verkehr entwickelt und eingeführt, von denen der ↗ Telegrafencode Nr. 2 am häufigsten eingesetzt wird.

CCPD-Matrix [engl., Abk. für *charge coupled photodiode*]: matrixförmiger Bildsensor aus einer Kombination von integrierten Fotodioden und analogen CCD-Schieberegistern.

Chargenprozeß: diskontinuierlicher Produktionsprozeß mit zeitweilig unterbrochenem Informations-, Stoff- und Energiefluß. Chargenprozesse treten hauptsächlich in der Verfahrenstechnik und Metallurgie auf. Vgl. Fließprozeß, Stückprozeß.

CID [engl., Abk. für *charge injection device*]: ladungsinjiziertes Bauelement. Bei einem CID-Halbleiterbildsensor wird ein Bildaufnahmeelement aus 2 benachbarten MOS-Kondensatoren gebildet, zwischen denen ein Ladungstransport entlang der Oberfläche möglich ist. Ein Kondensator ist dabei einer Zeilenleitung, der andere einer Spaltenleitung (xy-Adressierung)

zugeordnet. Durch geeignete Zeilen- und Spaltenauswahl kann von jedem beliebigen Element des flächenhaften Bildaufnahmeteils die Bildinformation einzeln ausgelesen werden.

CIM [engl., Abk. für *computer integrated manufacturing*]: Fertigungssystem mit integrierter Rechentechnik, d. h. „rechnerintegrierte Produktion“, bei der Produktionsvorbereitung und -organisation einbezogen werden.

CIMS [engl., Abk. für *Computer integrated Manufacturing System*]: rechnergestütztes Produktionssystem. Vgl. CIM.

Circular Spline [engl.]: Bezeichnung für den starren, zylindrischen, innenverzahnten Ring in einem Wellgetriebe.

C.I.R.T. [engl., Abk. für *Conference on Industrial Robot Technology*]: (Internationale) Konferenz über IR-Technik.

Closed-loop-Betrieb [engl.]: Art des Zusammenwirkens von technologischem Prozeß und Prozeßrechner, bei der die Rechnersteuerung über Leitungen mit dem Prozeß gekoppelt ist, also am Prozeß beteiligte $\nearrow$ Effektoren automatisch steuert. Vgl. Open-loop-Betrieb.

CMS [engl., Abk. für *computerized manufacturing systems*]: rechnergeführtes Fertigungssystem. Vgl. Fertigungssystem, flexibles.

CNC [engl.]: Abk. für *computerized numerical control*. $\nearrow$ rechnerintegrierte numerische Steuerung.

Code $\nearrow$ Kode.

Codierer $\nearrow$ Kodierer.

Compiler, Sprachübersetzer: Umwandler für Programme, die in höheren Programmiersprachen geschrieben sind, in Programme in $\nearrow$ Assemblersprache oder eine Maschinensprache. Vgl. Programmiersprache, höhere.

Compliance-Werkzeug [engl.]: Werkzeug in einer Werkzeugaufnahme mit mehrdimensional nachgiebigem Verhalten zum Fügen kleiner Passungen ($\nearrow$ RCC-System). Die Abweichungen dürfen bis 2 mm betragen.

Coriolisbeschleunigung: Beschleunigungskomponente eines relativ bewegten Punktes in einem rotatorisch oder mit Rotationsanteil bewegten $\nearrow$ Führungsetriebe. Diese Beschleunigung tritt als zusätzliche Komponente der Relativbeschleunigung des Punktes auf. Der Vektor C. steht rechtwinklig zu dem Vektor der Führungswinkelgeschwindigkeit und dem der Relativgeschwindigkeit.

CP [engl.]: Abk. für *continuous path*. $\nearrow$ Bahnsteuerung.

CPU [engl.]: Abk. für *central processing unit*. $\nearrow$ Zentralverarbeitungseinheit.

CRC [engl., Abk. für *cyclic redundancy check*]: Bezeichnung für Prüfbytes einer zyklischen Fehlerkontrolle von Datensätzen. Die Prüfbytes werden während der Schreiboperationen generiert und bei Leseoperationen zur Prüfung auf Datenerhalt benutzt. Sie werden vorzugsweise bei Massenspeichern, z. B. $\nearrow$ Disketten, angewendet.

CTC, CTC-Schaltkreis [engl., Abk. für *counter/timer circuit*]: programmierbarer Schaltkreis für den Einsatz in Mikrorechnern, der 2 Funktionen übernehmen kann: 1. die *Zählerfunktion*, bei der beim Erreichen einer bestimmten Impulszahl am Eingang des CTC ein Signal ausgegeben wird, das z. B. durch $\nearrow$ Interrupt ein bestimmtes Programm startet; 2. die *Zeitgeberfunk-*

tion, wobei am Ausgang ein Zeittakt zur Verfügung gestellt wird, der vom Mikroprozessor z. B. für Zeitglieder (Verweilzeit) oder zur Auslösung eines Interrupts verwendet werden kann.

Ein CTC enthält z. B. 4 Kanäle, die für sich getrennt für die genannten Aufgaben verwendbar sind. Adressen, Zählerwerte, Zeitintervalle, Flanken und Interruptverhalten sind programmierbar durch ein sogenanntes Initialisierungsprogramm. Vgl. PIO.

D

Daisy-chain [engl.] → Prioritätskaskade.

Dämpfer: Einrichtung zum Abbremsen von Bewegungen am Hubende von hydraulischen und pneumatischen Arbeitszylindern bzw. von diesen angetriebenen Gliedern des Führungsgetriebes eines IR. Die D. können in die Arbeitszylinder eingebaut oder als separates Bauteil in Form eines Industriestoß-D. angebaut sein. Die Wirkungsweise eines D. beruht i. allg. darauf, daß die kinetische Energie der zu dämpfenden Bewegung in Verdichtungsarbeit umgesetzt wird. Die Dämpfungscharakteristik ergibt sich aus der Verdichtungskennlinie und den Korrekturmöglichkeiten durch Überstromventile.

Datei: Sammlung von Datensätzen, die nach einem Ordnungsbegriff sortierbar sind, in einem logischen Zusammenhang stehen, einen einheitlichen Aufbau haben und auf einem gleichartigen Speichermedium (*Programmspeicher*) gespeichert sind. Die D. wird durch einen D.namen gekennzeichnet.

Datenaustauschsteuerung → Koppelsteuerung.

Datenbus: Leitungen zur bitparallelen Übertragung von Daten (Befehle, Operanden) zwischen Verarbeitungseinheit, Speichern, Ausgabe- und sonstigen peripheren Einheiten.

Datenreduktion, Informationsreduktion: Verringerung des Datenumfangs z. B. eines Binärbilds mit Hilfe spezieller Schaltungen oder Programme, die dieses während der Bildgewinnung nach verschiedenen Gesichtspunkten verarbeiten. Ziel der D. ist die Extraktion von Informationen, die den Inhalt soweit erfassen, daß aufgrund dieser Informationen die gezielte Weiterverarbeitung erfolgen kann. Um solche Informationen zu erhalten, muß festgestellt werden, wieviel Regionen im Bild enthalten sind, ist jede Region durch eine oder mehrere Marken zu kennzeichnen (*Komponentenmarkierung*), die Lage jeder Region zu bestimmen und je ein Satz von Merkmalen zu berechnen. Vgl. Szenentabelle.

Datenträger: Hilfsmittel, z. B. Lochkarte, Magnetband, Magnetplatte, Vordruck, das verwendet wird, um erfaßte Daten aufzunehmen. Der D. muß, unabhängig von dem Mechanismus, der zu seiner Interpretation verwendet wird, transportiert werden können.

DAU: Abk. für *Digital-Analog-Umsetzer*. ↗ *Digital-Analog-Wandler*.
DCS [engl.]: Abk. für *diagnostic communication system*. ↗ *Diagnose*,
 ↗ *Diagnoseprogramm*.

DDA-Verfahren [engl. Abk. für *digital differential analyse*, digitale Differenzensummutation]: Interpolationsverfahren zur Linear- oder Zirkularinterpolation, bei dem als Ausgang die Differentialgleichung einer Kurve schrittweise durch Aufsummieren integriert wird. Da sich auch Fehler aufsummieren, ist die Genauigkeit des D. beschränkt, aber durch Zusatzglieder verbesserungsfähig.

DDC [engl.]: Abk. für *direct digital control*. ↗ direkte digitale Regelung.

DDD: Abk. für *Drehen/Drehen/Drehen*; Strukturbezeichnung für das Führungsgetriebe oder den Greifer eines IR. Vgl. Grundbauart, Kinematik.

DDS: Abk. für *Drehen/Drehen/Schieben*; Strukturbezeichnung für das Führungsgetriebe oder den Greifer eines IR. Vgl. Grundbauart, Kinematik.

Deckenbauform: Anordnungsprinzip von Manipulatoren oder IR als Deckenmanipulatoren, d. h. sie sind an der Decke befestigt. Die Kostenbelastung durch in Anspruch genommene Produktionsfläche zwingt verstärkt zur Nutzung der D.

Deckenmanipulator ↗ *Deckenbauform*.

Dehnungsmeßstreifen, Abk. **DMS**, *Dehnungssensor*: dünnes Widerstandsmaterial, das mäanderförmig auf einen dünnen Träger aus Papier oder Folie aufgeklebt oder in der Art einer gedruckten Schaltung aufgedampft wird. Bei Dehnung oder Stauchung der Leiter ändert sich der Widerstand und kann als Maß für eine vorhandene Dehnung festgestellt werden. D. aus Halbleitermaterial setzen sich immer mehr durch; sie werden für die Kraftmessung und für taktile Sensoren verwendet.

Dehnungssensor ↗ *Dehnungsmeßstreifen*.

Dekoder ↗ *Dekodierer*.

Dekodierer, *Dekoder*: Schaltung oder Programm zur *Entschlüsselung* von Informationen, d. h. zu deren Wandlung in unmittelbar weiterverarbeitbare Informationen oder elementare Steuerbefehle. Ein Beispiel ist die Bildung von Ansteuersignalen für eine alphanumerische Anzeige, wobei die Eingangsinformationen z. B. im ISO-Kode vorliegen. Vgl. Kode, Kodierer.

Dekrement ↗ *Weginkrement*.

Dekrementierung: Zurücksetzen eines Zählers oder einer Programmgröße um 1.

Demultiplexer: Schaltung oder Programm zur zyklischen Verteilung von seriellen Eingangsinformationen auf mehrere Ausgänge. Sie erfolgt in einem festgelegten Zeittakt und in definierter Reihenfolge, wobei die Zahl der Ausgänge den Zyklus bestimmt. Vgl. Multiplexer.

Depalettierung: Bezeichnung für das flächige oder räumliche Abnehmen von HHO, die in bestimmten Ablagemustern auf Speicherflächen bereitstehen. Vgl. Palettenbeladeplan, Palettierung.

Detektor: im naturwissenschaftlichen Sprachgebrauch übliche Bezeichnung für den Empfängeranteil eines Sensors. Die Bezeichnung D. wird vorwiegend bei Strahlungssensoren mit besonderem Bezug auf das Wandler-

element (*Empfangswandler*) angewendet, in welchem der Übergang auf die für die weitere Signalbehandlung zweckmäßige Energieform erfolgt, z. B. für den *pn*-Übergang der Halbleiterdiode als Kernstrahlungs-D.

Deviationsmoment ↗ **Zentrifugalmoment**.

dezimal-binär: Bezeichnung für direkt dual einzeln kodierte Dezimalziffern. Vgl. BCD-Kode.

Diagnose: 1. Test von Bauelementen, Bausteinen, Baugruppen, Anlagenteilen, Verbindungselementen u. a. zum Erkennen von Fehlern, die die bestimmungsgemäße Funktion verhindern oder beeinträchtigen können.

Die D. ist prinzipiell nicht auf bestimmte Bestandteile eines Arbeitsplatzes mit IR beschränkt. Sie kann mit unterschiedlichen technischen Mitteln und Verfahren durchgeführt werden. Die Möglichkeiten und der Aufwand zur Fehlererfassung und -verarbeitung können aber technisch und ökonomisch einschränkend auf eine D. wirken.

D. werden in Steuerungen mit Mikrorechnern dadurch verwirklicht, daß spezielle Programme (D.programme, D.software) z. B. durch Ausgabe und Abfrage von Testmustern die D.funktionen realisieren. Es können auch Signale aus Gebern (Meßsysteme, Sensoren) für eine D. unbedingt erforderlich sein. Im Gegensatz zur Überwachung erfolgt die D. unabhängig vom möglichen Zustand des Fehlerfalles.

D. kann selbsttätig (on-line) erfolgen, indem sie entweder abhängig von bestimmten Betriebsbedingungen oder fortwährend (zyklisch) abläuft, bzw. sie kann manuell durch Bedienhandlungen (off-line, Start von D.programmen) erfolgen.

Das Ergebnis der D. ist bei erkanntem Fehler eine Reaktion der Steuerung (Fehleranzeige, Halt, Not-Aus u. a.). Zielstellungen der D. sind das Sichern gefahrloser Zustände bzw. Schadensminimierung bei Fehlerintritt (Schutzgüte), die Erhöhung der Verfügbarkeit der Ausrüstung und Entlastung des Servicepersonals. Vgl. Einschalt diagnose. – 2. Betriebsart einer IR-Steuerung. Vgl. Diagnoseprogramm.

Diagnosehandbuch: Bezeichnung für eine Dokumentation zu einer Steuerung, die einer Anzeigeinformation (Fehlerkode) einen durch Diagnose ermittelten Fehlerzustand verbal zuordnet und bzw. oder Hinweise und Maßnahmen zur weiteren Fehlereingrenzung und zur Fehlerbeseitigung vorschreibt.

Diagnoseprogramm: Bezeichnung für ein spezielles Steuerprogramm, das vom Servicepersonal durch Bedienhandlung, meist über eine Serviceeinheit, gestartet wird und zur gezielten Fehlerermittlung, d. h. von Fehlerart und -lokalisierung bis zur kleinsten auswechselbaren Einheit, dient. Bedienhandlungen und Fehlerkode sind dem Diagnosehandbuch zu entnehmen.

D. können auf Speichern, z. B. ↗ EPROM, ↗ Diskette, enthalten sein, die nur durch Bedienhandlung (off-line) in die Steuerung eingeführt werden, wenn eine Diagnose erforderlich ist.

Diagnosesoftware: Bezeichnung für die Gesamtheit von Diagnoseprogrammen.

Diagnostik, technische: Überwachung, Prüfung und Prognostizierung des

technischen Zustandes komplizierter technischer Einrichtungen, z. B. eines IR mit Steuerung, dessen Funktion im Rahmen einer gegebenen Klasse von Verfahren oder Algorithmen abläuft, sowie die gerätemäßige Realisierung dieser Prozeduren.

Bei komplexen Systemen erfordert die t. D. immer ein mathematisches Modell des Objekts, die Auswahl und Optimierung der Diagnoseprozeduren sowie deren Realisierung in Form technischer Einrichtungen oder Diagnoseprogramme.

Dialogbetrieb: Verkehr zwischen Mensch und z. B. IR-Steuerung (Bedienen, Programmieren, Fehlersuche u. a.) derart, daß Mensch und Steuerung, wechselseitig schritthaltend, mit dem ablaufenden Vorgang Aufträge an den Partner geben und Ergebnisse (Reaktionen) von diesem entgegennehmen. Voraussetzung für den D. ist, daß die Steuerung neben einer entsprechenden Eingabemöglichkeit über geeignete Ausrüstungen zur Mitteilung ihrer Aufträge an den Menschen verfügt, z. B. Lumineszenzdioden, Ziffernanzeigen, Bildschirm.

Es werden z. B. Werte für die Variablen zur Berechnung von Palettierungssollwerten in einer festen Reihenfolge über eine Tastatur eingegeben. Nach Eingabe eines bestimmten Variablenwertes wird die nächste Variable, deren Wert gefordert wird, angezeigt.

Dialogsteuerung: Bezeichnung für eine Funktionsgruppe (Schaltung oder Programm) innerhalb einer IR-Steuerung. Über die D. wird die Kommunikation mit dem Bediener oder Programmierer bzw. dem Wartungs- und Instandhaltungspersonal abgewickelt.

Dialogsystem: Art der Mensch-Maschine-Kommunikation, bei der sich ein Bediener laufend durch Bedien- und Anzeigeeinheit (Bildschirm, alphanumerische Tastatur) über den Zustand der Steuerung und über die automatisch ablaufenden Vorgänge informieren und, wenn nötig, von Hand eingreifen kann. Während der Inbetriebnahme können Programme getestet und korrigiert werden. Vor dem Einlesen von Steuerprogrammen in den Speicher können deren Inhalt über Bildschirm korrigiert, Programmsätze gesucht werden u. a.

Diffusionsrate: spezieller mathematischer Ausdruck der $\nearrow$ Ausbreitungsrate, der sich nach *Haustein/Maier* nach der Gleichung $F/(1-F) = (s \cdot c^2 \cdot R)/(p \cdot k \cdot B)$ ergibt. Es bedeuten: F Ausbreitungsrate, c Anzahl der Arbeitsplätze, die je Roboter bei optimaler Arbeitsorganisation im Durchschnitt ersetzt werden, s Schichtfaktor, R Anzahl der frei programmierbaren IR, p Anteil der Produktionsarbeiter an den Beschäftigten, k Anteil der Arbeitsplätze, die prinzipiell durch die gegenwärtig existierenden Generationen von Robotern ersetzt werden können, B Anzahl der Beschäftigten. Die D. umfaßt die Anzahl der durch die Neuerungen noch zu ersetzenden Einheiten und ist zwischen 0 und $+\infty$ festgesetzt.

Digital-Analog-Wandler, Abk. DAU, *DA-Wandler*: Schaltungsanordnung zur Umwandlung von digitalen in analoge Signale.

Digitalisierung: Umwandlung einer Zahl aus der analogen Darstellung in ihre digitale Darstellung. Vgl. Analog-Digital-Wandler.

Digitalkassette: Magnetbandkassette zur Speicherung digitaler Signale. Die

D. ist vorzugsweise für eine Speicherdichte von 32 bit/mm nach dem Phasenmodulationsverfahren in Informationsverarbeitungssystemen (Archivierung) mit Kassettenmagnetbandgeräten geeignet. Die Magnetisierung des D.nbands erfolgt parallel zur Bandbewegungsrichtung.

Digitaltechnik: Bereich der Automatisierungstechnik, der Entwurf und Aufbau solcher Teilsysteme von Steuerungen oder Regelungen zum Thema hat, in denen die Informationsübertragung und -verarbeitung mit Hilfe digitaler Signale geschieht.

Diode: zweipoliges elektronisches Bauelement, das in Abhängigkeit von der Polarität und Größe der anliegenden Spannung einen stark veränderlichen Widerstand aufweist (nichtlineares Bauelement). D. werden als Röhren oder Halbleiterbauelemente gebaut und z. B. als Gleichrichter, Leucht-D., Kapazitäts-D., logischer Schalter, Licht-, Wärme- und Kernstrahlungssensor, Spannungsnorm und zum Überspannungsschutz eingesetzt.

Direktantrieb: Antrieb eines Drehgelenkarms, bei dem auf die herkömmlichen Armbewegungsstrukturen mit Zahnrädern verzichtet wird. Der Antrieb erfolgt direkt mit einem speziellen, langsamlaufenden Motor (z. B. 2 s^{-1}) mit hohem Drehmoment und ohne Zwischenschaltung einer Übersetzung. Der D. arbeitet genauer und schneller, z. B. bis 5 m/s, und kann auch höher beschleunigt werden als andere Armantriebe. Bei diesen sind Zahnflankenspiel und Reibung die Ursachen für hohe Vibrationsempfindlichkeit, Positionsfehler, begrenzte Arbeitsgeschwindigkeit und Anwendbarkeit.

direkte digitale Regelung, DDC: Verwirklichung von Regelalgorithmen, z. B. als Bestandteil der Bewegungssteuerung, durch einen Digitalrechner, vorzugsweise Mikrorechner, oder durch einen digital arbeitenden Regler. Eingangsinformationen sind die Regelabweichungen, die Ausgangsinformationen gelangen direkt an die Stelleinrichtung, z. B. den Antriebssteller.

direkte numerische Steuerung, DNC: Konzept einer automatischen Steuerung mehrerer Einrichtungen, z. B. Maschinen bzw. IR mit numerischen Steuerungen, die über einen übergeordneten Rechner on-line gekoppelt sind. Dieser übernimmt die Programmverwaltung und die Verteilung der Steuerinformationen auf die einzelnen Einrichtungen. Vgl. Steuerungshierarchie.

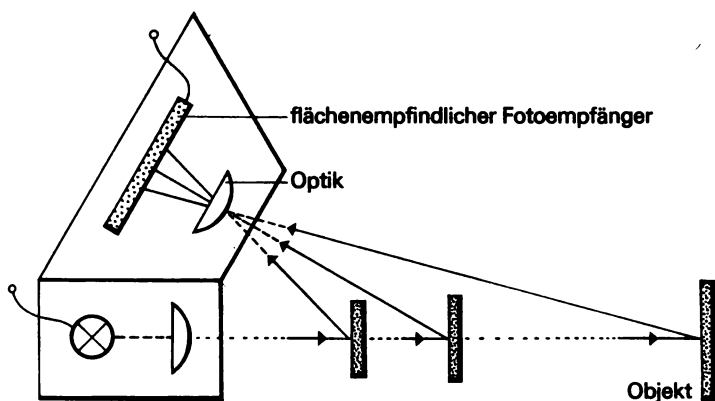
direktes Teach-in ↗ Teach-in-Programmierung, direkte.

Diskette, Folienspeicher, Magnetfolienspeicher: Speichermedium mit wahlfreiem Zugriff (mittlere Zugriffszeit einige 100 ms). Es besteht aus einer rotierenden Scheibe (typisch sind 360 min^{-1}) mit magnetisierbarer Oberfläche, die in einer Schutzhülle untergebracht ist. Der Betrieb von D. erfordert spezielle Folienspeicherlaufwerke. Übliche Scheibendurchmesser der D. sind 8" (Standard-D.) und 5,25" (Mini-D.). Die Datenaufzeichnung erfolgt in Spuren (77 bzw. 40), die in Sektoren (26 je Spur) unterteilt sind. In einem Sektor können meist 128 bytes gespeichert werden.

D. sind in der Herstellung relativ billig. In IR-Steuerungen werden sie vorzugsweise als Massenspeicher eingesetzt, z. B. bei im direkten Teach-in programmierten IR.

Display [engl.] ↗ Bildschirmgerät.

Distanzsensor: Sensor zum Erfassen von Entfernungen (Entfernungsmesser) zwischen Objekt und IR bzw. Greifer, zwischen Werkzeug und gewünschtem Kontaktbereich oder zwischen relevanten Markierungen und einem Sensor. Im Unterschied zum Anwesenheitssensor geht es beim D. um die möglichst objektunabhängige quantitative Bestimmung räumlicher Beziehungen zwischen Objekt und Sensor. Je nach Entfernungsbereich, der zu erfassen ist, und erforderlicher Genauigkeit sind hierfür eine Vielzahl von Wirkprinzipien gebräuchlich, z. B. über die Beeinflussung magnetischer bzw. elektrischer Felder, über die Laufzeitmessung von Ultraschallimpulsen bzw. elektromagnetischen Wellen oder über $\nearrow$ Triangulation. Abb.



Wirkungsprinzip eines optischen Distanzsensors

DKT: Abk. für *direkte Koordinatentransformation*. $\nearrow$ Koordinatentransformation, direkte.

DMS: Abk. für $\nearrow$ *Dehnungsmeßstreifen*.

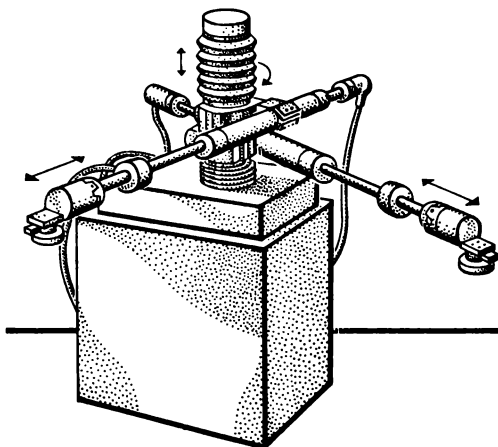
DNC [engl.]: Abk. für *direct numerical control*. $\nearrow$ direkte numerische Steuerung.

DONAU-System [engl., Abk. für *Domain Oriented Natural language Understanding-System*]: System, das zur Programmierung von Robotern in natürlicher Sprache verwendet werden kann. Es wurde als „Künstliches Intelligenz-Projekt“ an der Universität Mailand (Italien) entwickelt. Die Moduln des Programmiersystems übernehmen die Funktionen syntaktische Analyse der natürlichen Sprache $\rightarrow$ syntaktische Struktur, semantische Analyse $\rightarrow$ Unterscheidungsstruktur, Informationsextraktion (wegen Redundanz) $\rightarrow$ operative Information, Zulässigkeitskontrolle $\rightarrow$ umsetzbare Information, formale Programmerstellung $\rightarrow$ programmierte Aktivität $\rightarrow$ Roboterbewegung.

Donzelli-Servomotor: hydraulischer Axialkolbenmotor mit z. B. 9 Kolben, von denen jeweils 4 gleichzeitig über den synchron mit der Welle umlaufenden Radialverteiler mit dem Druckkanal bzw. Rücklauf verbunden sind.

Die sich im Drehsinn verändernden Kolbenkräfte bewirken die Drehbewegung einer Taumelscheibe und der sich daran befindenden Antriebswelle. Der D. kann als Rotationsstellantrieb bei Drehgelenkrobotern verwendet werden. Vgl. Servoantrieb.

Doppelarmmanipulator: Manipulator mit 2 kompletten, im Winkel zueinander eingestellten Armen, die beide gemeinsam schwenken. Der D. kann somit an 2 Arbeitsstellen, deren Abstand mit dem der Greifer übereinstimmen muß, gleichzeitig arbeiten. D.en eignen sich besonders für kurzzyklische Abläufe, wie sie z. B. in der Umformtechnik vorkommen. Der D. kann auch aus unabhängigen Einzelarmen bestehen, die z. B. kooperativ eine Montageaufgabe erfüllen. 90% aller IR sind jedoch einarmig. Abb.



Doppelarmmanipulator

Doppelarmpalettenwechsler ↗ Palettenwechsler.

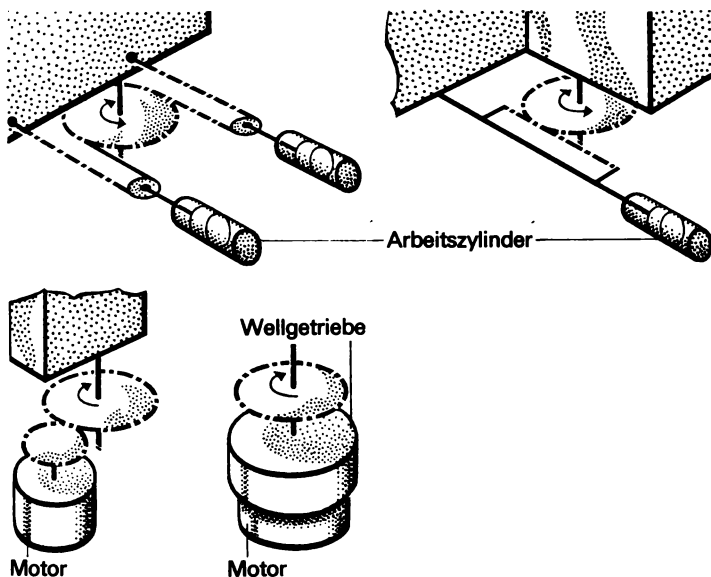
Doppelgreifer, Tandemgreifer: Greifer, der gleichzeitig zwei HHO halten kann, wobei das Halten oder Lösen an beiden Greifstellen unabhängig voneinander erfolgt. Der D. hilft Nebenzeiten verkürzen, weil er bereits das neue Rohteil mitbringt, wenn er ein Fertigteil abholt. Der Werkstückwechsel erfolgt in kurzer Zeit ohne Veränderung der Position des IR. Können die Greifer durch eine zusätzliche Bewegungsachse in der Greifhand rotatorisch ihre Positionen tauschen, so wird vom Wendedoppelgreifer gesprochen.

Doppelplunger ↗ Plungerkolben.

Doppelwendegreifer ↗ Wendedoppelgreifer.

Dosiereinrichtung: Einrichtung zum kontinuierlichen und gleichmäßigen Zuteilen (Dosieren) von formunbestimmtem Gut, z. B. Schüttgut, Fließgut.

Dosieren: Abteilen vorbestimmter Mengen eines meist formunbestimmten



Dreheinheit: Beispiele Dreheinheitenantriebe

Stoffs durch Wägen, Volumenmessung oder Stückzählen zur Bildung von Einheiten bestimmter Größe in Abhängigkeit vom Arbeitsgang.

Dreheinheit, Rotationseinheit: Teil des $\nearrow$ Führungsgetriebes eines IR mit Drehgelenkachsen, der rotatorische Bewegungen mit Winkeln $> 360^\circ$ erzeugt. Die D. übernimmt gewöhnlich Tragfunktionen für andere Roboter-einheiten. Der Antrieb kann direkt erfolgen, z. B. durch Elektromotor, hydraulische und pneumatische $\nearrow$ Drehwinkelmotoren, erforderlichenfalls über mechanische Getriebe oder indirekt durch lineare Antriebe und zusätzliche Bewegungsumwandlung. Die Drehzahl ist einstellbar. Der Einbau kann in horizontaler oder vertikaler Einbaulage erfolgen. Vgl. Lineareinheit, hydraulische. Abb.

Drehen: Handhabeoperation, bei der ein HHO in eine neue Lage bewegt wird, und zwar um eine Achse senkrecht zur projizierten Grundfläche des Objekts und innerhalb dieser.

Drehgelenk: Gelenk, bei dem ein Glied in einer Ebene um einen Drehpunkt gegen ein anderes Glied bewegt wird. Das D. ist im Aufbau einfacher und verschleißunempfindlicher als das Schubgelenk.

Drehgelenkarm: Folge von Gliedern, die durch Drehgelenke verbunden sind. Der D. ist als Baugruppe zu betrachten, da seine Glieder, Drehgelenke, Antriebe, Wegmeßsysteme und die Steuerung bezüglich des funktionellen Zusammenwirkens aufeinander abgestimmt sein müssen.

D. werden angewendet, wenn folgende Forderungen zu erfüllen sind: großes

Verhältnis von Arbeits- und Kollisionsraum, große Geschwindigkeiten, mittlere Positionsfehler, z. B. 0,5 mm bei 10 kg Handhabemasse, Umgehbarkeit von Hindernissen, Ergreifen von Objekten aus verschiedenen Richtungen und zentralem, d. h. am Gestell oder an einem gestellnahen Glied angebrachtem Antrieb.

Drehgelenkroboter, Gelenkroboter: IR, dessen Kopplungsstellen zwischen den einzelnen Bewegungsbaugruppen (Bewegungsachsen) überwiegend als Drehgelenke ausgebildet sind. Drehachsen anstelle von Schubachsen lassen menschenähnlichere Bewegungen zu, die z. B. beim Farbspritzen und Lichtbogenschweißen mit IR wichtig sind. D. weisen meist einen großen Aktionsraum und ein günstiges Verhältnis zwischen Arbeitsraum und Bau-raum auf. Die relativen Drehbewegungen der Glieder in den Drehgelenken können direkt mit einem hydraulischen Drehmotor erzeugt werden oder indirekt, z. B. elektrisch, durch Zwischenschaltung eines Übertragungsgetriebes. Drehgelenkarme lassen sich auch mit Schubkolbenantrieben bewegen. Größere D. benötigen i. allg. einen Lastausgleich durch Federn oder Pneumatikzylinder. Abb.

Drehgeschwindigkeit: in der jeweiligen Drehachse eines IR max. mögliche Geschwindigkeit eines Punktes bzw. des ↗ Arbeitsorgans in Grad je Sekunde. Vgl. Verfahrensgeschwindigkeit, Winkelgeschwindigkeit.

Drehhakenbunker: zylinderförmiger Werkstückspeicher für Kleinteile, an dessen waagrechtem Boden ein Haken kontinuierlich rotiert. Der Haken hat eine gekrümmte Vorderkante und ergreift damit Werkstücke, die zur Bunkermitte geleitet werden. Hier fallen sie geordnet vertikal in ein Fallrohr. Das Fallrohr ist nach oben gegen die ungeordnete Werkstückmenge abgedeckt.

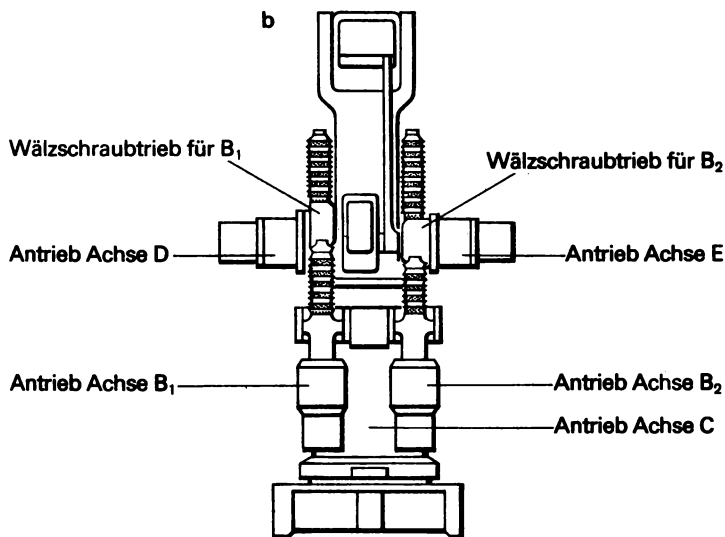
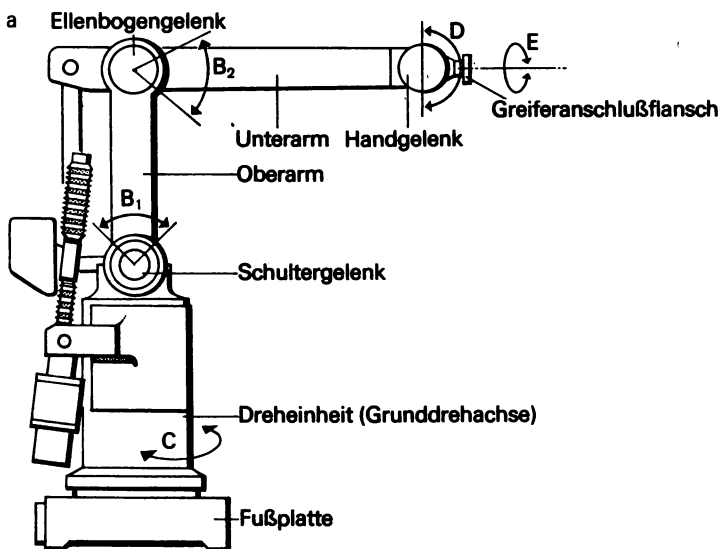
Drehlader ↗ Drehmanipulator.

Drehmanipulator, Drehlader: hydraulisch angetriebener, feststehender oder mobiler Manipulator zum Handhaben von Rundholz in der Holzindustrie, dessen ↗ Führungsgetriebe meist um 360° drehbar angeordnet ist. Die Tragfähigkeit liegt bei 1000 bis 2000 kg. Ein Bewegungszyklus Greifen/Drehen/Ablegen/Zurückdrehen kann in 30 bis 50 s ausgeführt werden. Vgl. Frontmanipulator, Seitendrehmanipulator.

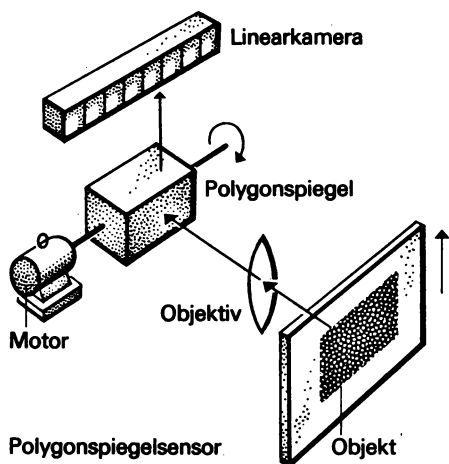
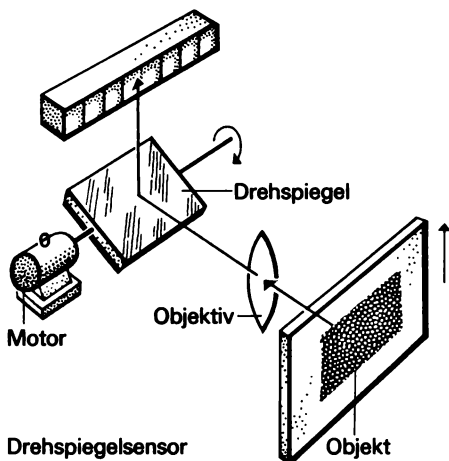
Drehmelder: Sammelbegriff für eine Vielzahl von Induktionsgeräten, die aus Stator- und Rotorelementen bestehen, von denen beide eine oder mehrere Wicklungen tragen, deren wechselseitige Induktanz von der Winkelstellung der Rotorwelle abhängt. Eine besondere Form ist der ↗ Resolver.

Drehmoment: in der Mechanik des Massepunktes das Vektorprodukt $\mathbf{m} = \mathbf{r} \cdot \mathbf{F}$ aus Ortsvektor $\mathbf{r}$ und der am Massepunkt angreifenden Kraft $\mathbf{F}$ mit dem Betrag $M = s \cdot F$, wobei s der senkrechte Abstand des Bezugspunktes von der Kraftrichtung ist.

Drehmomentsensor: Sensor zur Messung von Drehmomenten. Dabei muß jener Teil des Sensors frei drehbar sein, der im Momentenfluß liegt. Das Drehmoment kann indirekt festgestellt werden, indem die Veränderung (*Schubdehnung, Torsionswinkel*) eines Verformungskörpers gemessen wird oder direkt nach dem magnetoelastischen Prinzip.



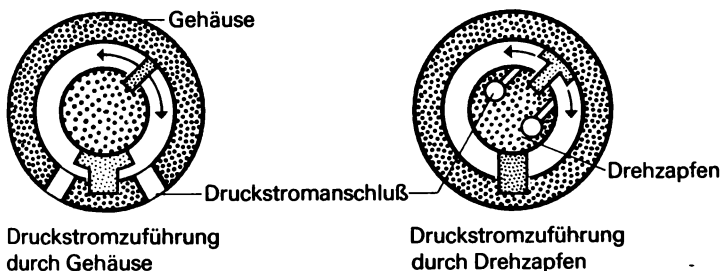
Drehgelenkroboter: a Seitenansicht, b Rückansicht



Drehspiegelsensor:
oben Spiegelsensoren,
unten Polygonspiegel-
sensor

Drehpositionierer ↗ Kippdrehtisch.

Drehspiegelsensor, Polygonspiegelsensor: Strahlungssensor für Infrarotstrahlung bzw. Strahlung des sichtbaren Bereiches, bei dem durch eine Drehspiegelanordnung als spezielle Form optischer Bildausgleichselemente die optische Abtastung von Objekten mit einem um eine Dimension verminderten Bildsensor erfolgt. Die Abtastung an längs eines Schnittes liegender Bildelemente wird unter Verwendung eines Punktrahlungsdetektors vorgenommen, die Abtastung einer Fläche unter Verwendung eines Zeilenbildsensors. Durch eine Relativbewegung des Objekts quer zur Richtung des



Druckstromzuführung bei hydraulischen Drehwinkelmotoren

Schnittes oder durch Kombination zweier Spiegelanordnungen kann auch die Fläche mit einem Punktstrahlungsdetektor abgetastet werden.

Bei einer Spiegelumdrehung kann die Bildvorlage nur einmal abgetastet werden. Anstelle des Drehspiegels kann auch ein Spiegelrad bzw. ein Polygonspiegel (*Polygonspiegelsensor*) verwendet werden. Die Anzahl der je Zeiteinheit aufgenommenen Bilder ist dann von der Drehzahl des Motors und der Anzahl der Spiegelflächen abhängig. Die genannten Spiegelemente können auch dazu eingesetzt werden, um das fokussierte Licht einer Punktlichtquelle, z. B. in Form einer Halbleiterlaserdiode, zeilenförmig über das Objekt zu führen. Die vom Objekt reflektierte Strahlung wird dann über einen Zeilenbildsensor erfaßt. Vgl. Schwingspiegelsensor. Abb.

Drehstrommotor: Elektromotor, der unter bestimmten Bedingungen als Drehstromasynchronmotor, -synchronmotor und -linearmotor auch für Roboterantriebe verwendet werden kann. Vgl. Linearmotor.

Drehtisch: periphere Einrichtung zum Aufnehmen und Positionieren z. B. eines vom IR zu schweißenden Bauteils. Durch D. wird das Schweißen von Bauteilen bei Nahtverläufen in mehreren Richtungen erleichtert.

Drehwinkel ↗ **Verfahrwinkel.**

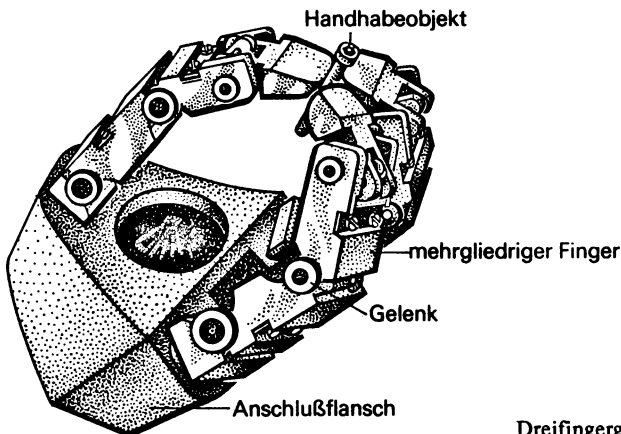
Drehwinkelmeßsystem: 1. ↗ Inkrementalgeber. – 2. ↗ Potentiometer. – 3. ↗ Resolver.

Drehwinkelmotor, hydraulischer: Druckstromverbraucher mit begrenztem Drehwinkel $< 360^\circ$, um direkt Winkelbewegungen einzelner Bauteile gegeneinander zu erzeugen. Der h. D. kann als Koppellement zwischen Linear-einheiten bzw. direkt als Gelenk zwischen starren Verbindungselementen (Gestell) eingesetzt werden. Die Größe des Drehwinkels ergibt sich aus konstruktiven Gegebenheiten. Werden ↗ Wegmeßsysteme angekoppelt, so lassen sich beliebig viele Zwischenpositionen anfahren. Abb.

Drehzahlregelkreis ↗ Geschwindigkeitsregelkreis.

Dreixzeßkode, Stibitzkode: Kode für binär verschlüsselte Dezimaldarstellung, in welchem die Dezimalziffer n durch die binäre Darstellung von $(n+3)$ verkörpert wird.

Dreifingergreifer: Greifer, der HHO mit 3 zentrisch greifenden Fingern aufnehmen kann. Der D. hat meist eine große Greifweite. Mit 3 Fingern sind 90% aller am industriellen Arbeitsplatz vorkommenden Griffe ausführbar.



Dreifingergreifer

Sind 2 auf gleicher Seite angeordnete Finger in ihrer Grundphalanx drehbar, so kann sowohl der Spitzgriff als auch der Hakengriff ausgeführt werden. Abb.

Dreipunktgreifer: Greifer, der HHO und Finger bzw. Backen an 3 Punkten bzw. Linien berührt, z. B. durch ein Prisma mit Gegenhalter. Vorteilhaft gegenüber einer zwei- oder mehr als dreipunktigen Anlage ist, daß beim D. eindeutige Bestimmflächen für das Greifobjekt vorhanden sind.

DRELOBA-Steuerung → Steuerung, pneumatische.

Drift: langsames, zeitliches Ändern einer physikalischen Größe, z. B. Strom, Spannung, bzw. des Nullpunkts bei elektronischen Einrichtungen. Die mechanische D. kann bei einem IR überprüft werden, wenn für eine angewählte → Bewegungsachse der Geschwindigkeitswert 0 ausgegeben wird, sich die Achse also nicht bewegen darf.

Druckbegrenzungsventil: Ventil, das in der Fluidtechnik zur Beeinflussung des Drucks eines Druckflüssigkeitsstroms dient, indem es den Druck auf einen vorgesehenen Wert begrenzt.

Druckfilter: Einrichtung, die in Hydrauliksystemen mechanische Verunreinigungen wie Abrieb und sonstige Fremdstoffe mit einer Mindestfilterfeinheit von $25\ \mu\text{m}$, besser aber $\leq 10\ \mu\text{m}$, fernhält. Der D. sollte mit einem elektrischen Verschmutzungsanzeiger ausgerüstet sein, der an eine gut sicht- oder hörbare Warneinrichtung angeschlossen ist. Hohe Reinheit des Fluids führt zu langer Standzeit empfindlicher Bauelemente, z. B. Servoventile.

Druckölspeicher: Einrichtung, die Energie speichert und mit der kurzzeitige, über den Förderstrom der Hydraulikpumpe hinausgehende Spitzenbelastungen abgedeckt werden können. Ein erhöhter Förderstrom ist notwendig, wenn z. B. mehrere hydrostatische Antriebe eines IR gleichzeitig verfahren werden sollen.

Drucksensor: Sensor, mit dem Drücke über einen Druckanschluß gemessen werden können. Als mechanisch-elektrische Wandler dienen häufig Sili-

ciumchips mit einer durch Dünnschichten entstandenen Membran, in die piezoresistive Widerstände (*Halbleiterdehnungselemente*) monolithisch integriert wurden.

Druckwächter: Geber in Druckluft- oder Hydraulikleitungen, der z. B. den Druck des Arbeitszylinders zu einem Werkstückspannzeug überwacht. Er meldet, wenn die Spannvorrichtung offen und das Werkstück zur Entnahme bereit ist. Vgl. Vakuumwächter.

DSS: Abk. für Drehen/Schieben/Schieben; Strukturbezeichnung für das Führungsgetriebe oder den Greifer eines IR. Vgl. Grundbauart, Kinematik.

dual: in Zweizahl auftretend, eine Zweierpotenz bildend. Das Dualsystem, in dem Rechenanlagen häufig arbeiten, ist ein Positionssystem mit der Basis 2.

Dualcode: Kode, der Zahlen einer Folge von n binären Informationsparametern I_{n-1} bis I_0 zuordnet, wobei eine Zuordnung von Stellenwertigkeiten 2^s bis 2^{s+n-1} für I_0 bis I_{n-1} erfolgt.

Beispiel: wenn $n = 6$ und $s = 0$ ist, ergibt sich

$$100110 = 0 \cdot 2^0 + 1 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^2 + 0 \cdot 2^3 + 1 \cdot 2^4 + 1 \cdot 2^5 = 38$$

Der D. besitzt den Vorzug der leichten Anpaßbarkeit an die Besonderheiten des jeweiligen Anwendungsfalls (durch gezielte Wahl von n und s) sowie einer leichten rechen-technischen Verarbeitung. Nachteilig ist die mit wachsendem n sehr schnell zunehmende Schwierigkeit der Interpretation durch den Menschen.

Der D. hat deshalb bevorzugte Bedeutung für die steuerungsinterne Informationsverarbeitung, während Anzeigen, Ein- und Ausgaben von Zahlwertinformationen bevorzugt im $\nearrow$ BCD-Kode bzw. $\nearrow$ ISO-7-bit-Kode vorgenommen werden.

Duplexzuteiler: Zuteiler, der je Takt gleichzeitig 2 Werkstücke bereitstellt. Gewöhnlich ist die zu beschickende Fertigungseinrichtung dann ebenfalls eine zweibahnige Maschine, die je Takt 2 Werkstücke parallel bearbeitet.

Durchlaufregal: Werkstückspeicher mit getrennter Aufgabe- und Entnahmestelle für schnell umschlagende Gutmengen mit geringer Sortimentsbreite. D. haben Kanäle, in denen das Gut mit ebener Aufstandsfläche oder auf Paletten hintereinander eingelagert wird. Es wird durch Schwerkraft oder durch angetriebene Förderelemente von der Aufgabe- zur Entnahmestelle bewegt.

Durchlichtverfahren: Verfahren zur Beleuchtung von Szenen, in denen optisch zu erkennende HHO enthalten sind, wobei die Lichtquelle so angeordnet ist, daß sich das Objekt, z. B. ein Werkstück, nur als Schattenbild darstellt. Das D. ist empfindlich gegen Verschmutzung und Beschädigung der Auflage. Vgl. Aufsichtverfahren, Lichtschnittverfahren.

Durchverkettung: Verbindung von Fertigungseinrichtungen, insbesondere Sondermaschinen, mit Weitergabeeinrichtungen für Werkstücke, die so angeordnet sind, daß die Hauptförderrichtung direkt durch den Arbeitsraum der Fertigungseinrichtung führt. Eine zusätzliche Ein- und Ausgabebewegung ist nicht erforderlich. Vgl. Außenverkettung, Innenverkettung, Verkettung.

Dynamik: Teilgebiet der Mechanik, das die Bewegung von Körpern unter dem Einfluß der auf sie wirkenden Kräfte untersucht. Vgl. Kinematik.

dynamisches Verhalten: Abhängigkeit des zeitlichen Verlaufs des Ausgangssignals eines Systems vom zeitlichen Verlauf des Eingangssignals. Der funktionelle Zusammenhang zwischen den beiden Zeitverläufen wird durch die Übergangsfunktion beschrieben.

E

Echtzeitbetrieb, Real-time-processing: Eigenschaft eines Datenverarbeitungssystems (Steuerung, Dialogsystem u. a.), die Erfassung, Verarbeitung und Ausgabe von Daten so zu realisieren, daß es auf die Forderungen der Umwelt (des zu steuernden Prozesses, des bedienenden Menschen u. a.) ausreichend schnell reagieren kann. Echtzeit ist der Zeitablauf, in dem ein steuerndes System seine Aufgaben schritthaltend mit dem Prozeß abwickelt, ohne daß dessen Stabilität gefährdet wird. Aus Echtzeitforderungen resultieren Konsequenzen für die Gestaltung von Hard- und Software bei Rechnersteuerungen, für die wegen der sequentiellen Arbeitsweise Echtzeitprobleme möglich sind.

Editor [engl.]: Steuerprogramm zum Eingeben und Abspeichern von ↗ Quellprogrammen auf einem Datenträger, z. B. Diskette. Zum E. gehören außerdem Programme zum ↗ Redigieren von Quellprogrammen. Der E. ist Bestandteil z. B. des Betriebssystems eines Entwicklungssystems. Vgl. Steuerprogramm.

Effektivität: Verhältnis von Ergebnis zu Aufwand. Die E. kann als Arbeits-, Fonds- und Kosten-E. dargestellt werden. Wichtige E.skenzziffern sind z. B. Arbeitsproduktivität, Fondsquote, Freisetzungseffekte. Vgl. Nutzeffekt, ökonomischer, Nutzeffektsberechnung.

Effektor: aus der Kybernetik entlehnter Begriff, der die Teilkomponente eines IR bezeichnet, mit der auf HHO oder die Umgebung unmittelbar eingewirkt werden kann und die deshalb auch als Wirkorgan (↗ Arbeitsorgan) bezeichnet wird, z. B. Greifer, Schweißzange. In der ↗ Peripherie können automatische Spanneinrichtungen oder Schwenktische als E. bezeichnet werden.

Effektorführungssystem ↗ Führungsgetriebe.

Effektortrajektorie ↗ Robotertrajektorie.

EGS: Abk. für einheitliches Gefäßsystem für elektronische Geräte.

EIA-Kode [engl., Abk. für Electronic Industries Association-Kode]: in Amerika entwickelter 8-Spur-Programmcode. Er ist als Lochstreifenkode in 4 Stufen dual aufgebaut und hat eine einfache Paritätsprüfung durch Quersummenbildung.

Eigenfrequenz: schwingende Eigenbewegungen des Führungsgetriebes eines IR, die ohne äußere Einwirkung entstehen. Durch niedrige Steife und große

träge Masse ist die E. bei einem IR niedrig und liegt im Bereich von 2 bis 10 Hz. Im Betrieb ändert sich die Trägheitslast sehr stark in Abhängigkeit von der augenblicklichen Last und Position des Führungsgetriebes. Auch die Steife des Antriebs ändert sich, jedoch nicht so stark wie die Trägheitslast.

Ein-/Ausgabebaugruppe, Ein-/Ausgabemodul, I/O-Modul: Baugruppe für die Eingabe von Informationen aus dem IR und dem Prozeß sowie die Ausgabe von Informationen an den IR und Prozeß. Sie werden bevorzugt als Schaltinformationen oder als digitale Informationen (Wort), auch für analoge Ein- und Ausgaben, verwendet. Charakteristische Funktionen sind für Eingabebaugruppen die Signalpegelanpassung und Störunterdrückung, für Ausgabebaugruppen die Signalspeicherung und Pegelanpassung an die Stellglieder. Vgl. PEAS.

Ein-/Ausgabe-Modul ↗ **Ein-/Ausgabebaugruppe.**

Eindeutigkeitsbereich: Teil des Verstellbereichs, innerhalb dessen die Meßsignale aus dem Wegmeßsystem ein eindeutiges Abbild für den Verfahrensweg bzw. Drehwinkel sind, z. B. eine volle Rotorumdrehung des ↗ Resolvers.

Einebenenpalette: Flachpalette, bei der Speicherstückgut ein- oder mehrschichtig auf nur einer Speicherfläche (Ebene) untergebracht ist.

Ebenenrundtactspeicher: 1. ↗ Rundtactspeicher. – 2. ↗ Scheibenmagazin.

Einfachführung ↗ **Führung.**

Einfachgreifer ↗ **Einzelgreifer.**

Einfachmanipulator ↗ **Einlegeeinrichtung.**

Einfachroboter: nach dem Baukastenprinzip aufgebauter IR, der im Gegensatz zu einem Universalroboter für definierte technologische Aufgaben vorgesehen ist und nur den dazu gerade notwendigen ↗ Getriebefreiheitsgrad aufweist.

Einfachsteuerung: Bezeichnung für die Steuerung einer Handhabeinrichtung, die einfache, meist gleichbleibende Bewegungsabläufe ausführt, z. B. Einlegeeinrichtungen, ↗ Pick-and-Place. Im wesentlichen werden Schaltinformationen empfangen, verarbeitet und ausgegeben. Der Bewegungszyklus ist meist konstant. Weg- und Winkelpositionen können durch mechanische Anschläge fest eingestellt sein bzw. veränderlich eingestellt werden. Rückmeldungen über ausgeführte Bewegungen können entweder entfallen (*Zeitplansteuerung*) oder durch Positionsgeber (*Ablaufsteuerung*) realisiert sein. Der Logikteil kann auf elektrischer, pneumatischer oder mechanischer Grundlage realisiert sein. E.en sind vorzugsweise Festprogrammsteuerungen.

Einfahrtoleranz: Bezeichnung für die Positioniergenauigkeit (↗ Positionierfehler) einer NC-Maschine. Sie ergibt sich aus der Differenz zwischen mittlerem Ist- und dem Sollwert einer Position (↗ Positionsabweichung) zuzüglich $\pm \sigma$ (σ = Positionsstreuung).

Einfingergreifer: Hakengreifer, mit dem ein HHO aufgenommen wird. Da aber die Werkstücke damit nur sehr ungenau positioniert werden können, verwendet man E. meist nicht für IR, wohl aber für ↗ Lastarmmanipulatoren.

Eingabefinheit: kleinster Unterschied einer Sollgröße, z. B. für Verfahrenweg, Drehwinkel, Verfahrensgeschwindigkeit, die bei der Programmeingabe berücksichtigt werden kann. Bei numerischen Steuerungen sind Werte für Wege und Winkel identisch mit denen der Weg- bzw. Winkelauflösung.

Eingänge, binäre: in Unterlagen für IR-Steuerungen häufig verwendete Angabe zur Anschließbarkeit (Anschlüsse, Kontakte) für binäre Signale vom bzw. zum IR und technologischen Prozeß. Als wahlfreie b. E. bzw. binäre Ausgänge werden die bezeichnet, deren Signalbedeutung der Anwender nach seinen speziellen Bedingungen selbst festlegen kann.

In Erzeugnisunterlagen für Steuerungen werden b. E. bzw. binäre Ausgänge manchmal auch als *digitale Eingänge* bzw. *digitale Ausgänge* bezeichnet.

Eingangssignal: Signale, die einem IR-Interface von der Peripherie angeboten werden. Die empfangenden und weiterverarbeitenden Schaltkreise im $\rightarrow$ Interface sind (Signal-) „Eingänge“.

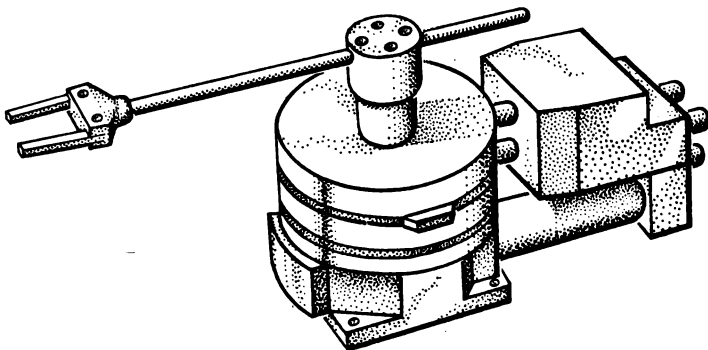
Eingeben: Handhabeoperation, die das Hineinbewegen von HHO in die Wirkstelle technischer Einrichtungen bezeichnet. In der Umformtechnik wird dafür häufig der Begriff *Zuführen* verwendet.

Einhandgreifer: im Gegensatz zu einem Doppelgreifer ein Einzelgreifer.

Einkomponentensensor: Sensor, der nur eine einzige Komponente z. B. einer in einem Punkt angreifenden mechanischen Belastung mißt. Vgl. Mehrkomponentensensor.

Einlegeeinrichtung, Beschickungseinrichtung, Einfachmanipulator, Einlegegerät, Einleger, Ein- und Ausgabereinrichtung, Festtaktroboter, Handling-Gerät: Bewegungsautomat, dessen Bewegungen hinsichtlich Bewegungsfolge und bzw. oder Weg bzw. Winkel nach einem fest vorgegebenen Programm ablaufen, das ohne mechanischen Eingriff nicht verändert werden kann. Die E.en sind meist mit Greifern ausgerüstet und werden vornehmlich für Handhabeaufgaben eingesetzt. Die Bewegungsendpunkte sind in geringen Grenzen einstellbar. E.en sind vor allem für die Mittel- und Großserienfertigung geeignet. Abb.

Einlegegerät $\rightarrow$ Einlegeeinrichtung.



Kurvengesteuerte Einlegeeinrichtung

Einleger ↗ **Einlegeeinrichtung**.

Einrichtebetrieb ↗ **Einrichten**.

Einrichten, Einrichtebetrieb: Betriebsart, bei der die Bewegungseinheiten eines IR durch Betätigung von Funktionstasten, Schaltern, Potentiometern u. a. verfahren werden. Beim E. werden bestimmte Positionen bzw. Orientierungen der Bewegungseinheiten des IR hergestellt, z. B. Ausgangs- oder Ruhestellungen. Es dient außerdem zur Inbetriebnahme und Programmierung des IR, wenn dafür keine speziellen Betriebsarten vorgesehen sind.

Einsatzanalyse: Untersuchung der Arbeitsprozesse, Arbeitsgegenstände, Arbeitsmittel, Arbeitsbedingungen sowie der ↗ Peripherie und der IR auf ihre Eignung für die Einrichtung eines automatischen Ablaufs unter Anwendung von ↗ Handhabeinrichtungen. Vgl. Arbeitsplatzanalyse.

Einsatzbereich ↗ **Anwendungsbereich**.

Einsatzplanung: wichtige Phase der Einsatzvorbereitung eines IR. Sie wird in folgenden Schritten durchgeführt: 1. Arbeitsplatzanalyse (grob und detailliert); 2. Auswertung der Analyse sowie Aufstellen von Funktionsplänen und Pflichtenheften; 3. Aufstellung alternativer Systemlösungen zur Automatisierung durch Zuordnung und Kombination verschiedener Systemträger, Auswahl der optimal geeigneten Systemlösung, Auswahl bzw. Konzeption geeigneter Handhabeinrichtungen zur Verwirklichung der ausgewähl-

Eignungsbewertende Zuordnung von Industrieroboterstrukturen zu typischen Einsatzgebieten

Führungsgetriebe- struktur	Anwendung				
	Farb- spritzen	Punkt-/ Bahn- schweißen	Mon- tage	Werk- stück- hand- habung	Entgraten/ Bearbeiten
kartesische Koordinaten (SSS)	nur bedingt	geeignet	sehr gut	sehr gut	geeignet
Zylinderkoordinaten (DSS)	Sonder- fall	Sonder- fall	nur bedingt	sehr gut	nur bedingt
Kugelkoordinaten (DDS)	nur bedingt	geeignet	Sonder- fall	nur bedingt	Sonderfall
horizontaler Dreh- gelenkarm	Sonder- fall	Sonder- fall	sehr gut	geeignet	Sonderfall
vertikaler Dreh- gelenkarm	sehr gut	sehr gut	geeignet	geeignet	nur bedingt
IR mit mehr als 6 Bewegungsachsen	sehr gut	sehr gut	nur bedingt	Sonder- fall	Sonderfall

ten Variante, Wirtschaftlichkeitsbetrachtung, Zusammenstellung der Einsatzkonzeption. Tab.

Einsatzsynthese: Ausarbeitung der Gestaltung eines IR-Arbeitsplatzes, insbesondere als ↗ Layout, unter Beachtung der Ergebnisse einer ↗ Einsatzanalyse. Es sind möglichst Typenlösungen anzustreben bzw. zu nutzen.

Einsatzuntersuchung: kollektive Analyse von Arbeitsplätzen durch Fachleute der Gebiete Technologie, Arbeitsgestaltung, Konstruktion, Arbeitspsychologie und Ökonomie zur Ermittlung von Arbeitsplätzen, an denen ↗ Handabeoperationen automatisiert werden können. Das Ziel der E. als Arbeitsschritt innerhalb der ↗ Einsatzplanung, ist die Entscheidungsvorlage zur Einführung von Handabeeinrichtungen.

Einsatzvorbereitung: eine Vorbereitungsphase, die im engeren Sinne der Entwicklung und dem Bau aller Einrichtungen, die eine Fertigungseinrichtung und den IR ergänzen, dient. Der allgemeine Sprachgebrauch meint damit jedoch häufig sämtliche dem Produktionseinsatz eines IR vorauslaufenden Aktivitäten, z. B. Prozeß-, Werkstück- und Arbeitsplatzanalysen, Planung, Arbeitsplatzgestaltung, technologische Vorbereitung, robotergerechte Erzeugnisgestaltung, Qualifizierung von Mitarbeitern, Nutzensvorausberechnungen.

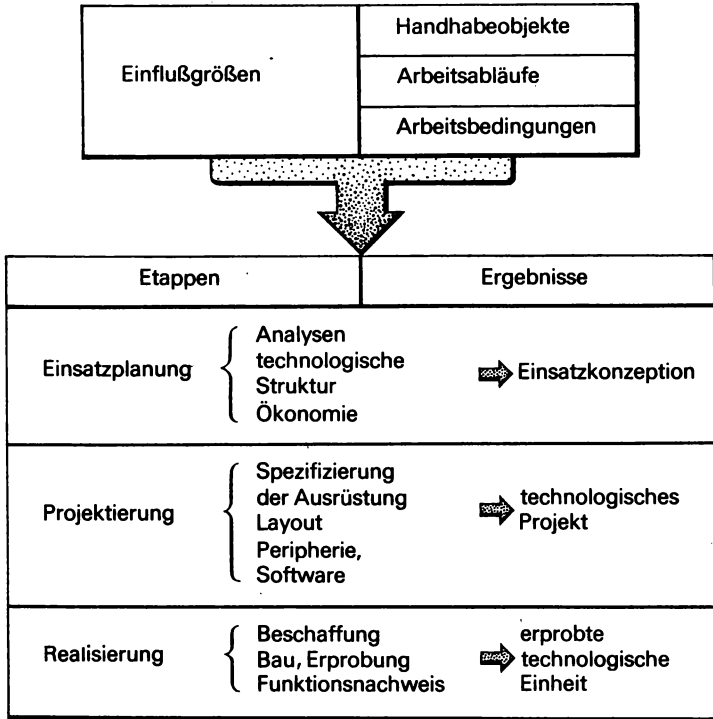
Bei der Auswahl von Arbeitstätigkeiten für einen IR-Einsatz haben sich drei Wege bewährt: Analyse von Prozessen, Verfahren, Erzeugnissen und Arbeitsplätzen, um geeignete Einsatzfälle zu erkennen; Rekonstruktion von Prozeßabschnitten, gegebenenfalls Einführung neuer Technologien und bzw. oder konstruktive Neugestaltung von Erzeugnissen und Teilen, um die Eignung für die IR-Technik herbeizuführen und Übertragung bereits bewährter Einsatzfälle, wenn analoge technische, technologische und organisatorische Bedingungen vorliegen. Abb. S. 85.

Einschaltdiagnose: spezielle Diagnose, die beim Einschalten einer Steuerung selbsttätig (on-line) abläuft, wobei mit entsprechenden Steuerprogrammen Bauelemente, Bausteine u. a. auf ordnungsgemäße Funktion getestet werden. Beispiele für E. sind Speichertests, Tests auf Programmerrhalt (Prüfsumme), Tests spezieller Schaltkreise, wie PIO, CTC, Tests bestimmter Baugruppen, wie Ein- bzw. Ausgabebaugruppen, Serviceeinheit, Tests bestimmter Funktionseinheiten, wie des Tableaus oder von Verbindungsleitungen. Erst nach dem Feststellen der Fehlerfreiheit können Bedienhandlungen über die Steuerung ausgeführt, z. B. der IR in Betrieb genommen, werden. Im anderen Fall erscheint z. B. auf der Serviceeinheit eine Anzeige, die Auskunft über den Fehler gibt. Der Vorteil einer E. besteht darin, daß sie nicht im Echtzeitbetrieb arbeitet; ihr Nachteil ist, daß Fehler, die während des laufenden Betriebs eintreten, während dieser Betriebsphase nicht erfaßt werden. Vgl. Diagnosehandbuch, Fehlerkode.

Ein- und Ausgebeeinrichtung ↗ Einlegeeinrichtung.

Einzelantriebssystem: Antriebssystem, das im Gegensatz zu einem Mehrantriebssystem nur ein Antriebsselement als Energiewandler enthält. Die Bewegungsform des Witzkelements ist festgelegt. Bewegungsablauf und -sinn können beeinflußt werden.

Einzelgreifer: Greifer, der nur ein einziges HHO aufnehmen kann. Das



Einflüsse, Etappen und Ergebnisse der Einsatzvorbereitung

Greifen kann mit einem Paar oder mit mehr als 2 Greiforganen erfolgen. Vgl. Mehrfachgreifer.

Einzelschrittbetrieb: (Unter-)Betriebsart einer IR-Steuerung, bei der das Programm schrittweise abgearbeitet wird und bei der für jeden neuen Programmschritt eine Bedienhandlung erforderlich ist.

Einzelsensor: Sensor, der, im Gegensatz zu einem Multisensor, mit dem für den Energieformwechsel vorhandenen Teil (Sensorelement) lediglich eine Meßgröße wandeln kann.

Einzweckgreifer: Greifer, dessen Greiferbacken derart der Form eines HHO angepaßt sind, daß dieser, im Gegensatz zum 7 Universalgreifer, nur für diesen einen Anwendungsfall verwendet werden kann.

Einzweckroboter: prozeßspezifisch ausgelegter IR, der nur für den vorgesehenen einen Zweck einsetzbar ist. Der E. weist häufig eine Sonderbauform auf. Vgl. Industrieroboter, prozeßspezifischer, Mehrzweckroboter.

Eiserne Hand: veraltete Bezeichnung für einen einfachen, meist maschinenintegrierten Manipulator, der vor allem in der Umformtechnik zum Ein-

geben und Entnehmen von Blechteilen verwendet wird. Die Greiferbacken sind gewöhnlich auswechselbar und die Endlagen des Bewegungsvorgangs können eingestellt werden.

Elektroantrieb: Antrieb, der aus Antriebsmotor, evtl. mit Tachogenerator und Wegmeßsystem auf einer gemeinsamen Welle, Antriebssteller und evtl. Bremsvorrichtung besteht. Als Antriebsmotoren werden Gleichstromstellmotoren für hochwertige Ansprüche verwendet, Schrittmotoren, sowie teilweise auch Drehstrommotoren als Synchron-, Asynchron- oder Linearmotoren. Drehstrommotoren sind gegenüber Gleichstrommotoren ökonomisch meist günstiger, die Drehzahlsteuerung bzw. -regelung ist aber technisch und ökonomisch aufwendiger. Deshalb werden rotierende Drehstrommotoren z. Z. nur bei einfacher Bewegungssteuerung (Abschaltkreis, geringe Ansprüche an die Bewegungseigenschaften) angewendet. Linearmotoren eignen sich für kleine Verfahrwege, z. B. in Greifern.

Elektromagnetgreifer: 1. ↗ Magnetgreifer. – 2. ↗ Magnetpulvergreifer. **elektromagnetisches Ordnen**, Abk. EMAGO: ein in der UdSSR entwickeltes Ordnungsverfahren für Werkstücke bis etwa 50 g Masse. Das Verfahren nutzt die Symmetrieeigenschaften der Werkstücke in einem besonders geformten elektromagnetischen Feld, das durch eine auf das Werkstück abgestimmte Polschuhgestaltung erzielt wird. Beim e. O. werden 60 bis 400 Werkstücke je Minute geordnet.

elektromechanischer Antrieb ↗ Elektroantrieb.

Elektronennase: Sensor, der auf Riechstoffmoleküle reagiert, also ein chemisches Informationsaufnahme-system hat. Um Geruchsanalysatoren in Form von E. herstellen zu können, bedarf es der weiteren Erforschung der Umwandlung chemischer Reize in Nervenimpulse.

Elektronikmotor: Gleichstromstellmotor, dessen Kommutator durch elektronische Bauelemente ersetzt wurde, um seine Lebensdauer zu erhöhen. Die Steuerung der Stränge geschieht lageabhängig durch magnetische, optoelektronische bzw. induktive Signalgeber.

Elementarbewegung: die durch die längs einer Bahnkurve vorgegebene Punktfolge induzierten möglichen Bewegungen eines Manipulators (↗ Führungsgetriebe).

Elementarsprache, Programmiersprache, elementare: Programmiersprache für IR, die aus einfachen Sprachelementen aufgebaut ist, z. B. ↗ NC-Kode, oder Sprachen auf der Basis logischer Symbole, z. B. der *Booleschen Algebra*. Bevorzugtes Anwendungsgebiet sind Beschickungsaufgaben, auch bei anspruchsvollen Anforderungen an die Bewegungssteuerung und die Prozeßkommunikation. Die Übersetzung in Steueranweisungen erfolgt i. allg. in der IR-Steuerung durch einen ↗ Interpreter.

Elevator [lat.]: Handhabeinrichtung (Förderwerk) zum Emporfördern größerer und schwerer, ungeordnet vorliegender Werkstücke aus einem Bunker von etwa 15 bis 300 l Inhalt. Die Lärmentwicklung ist gering, die Leistung reicht bis 300 Stück je Minute. Häufig wird das durch Förderbänder oder Ketten bewirkte Austragen der Teile zum gleichzeitigen Ordnen genutzt.

Ellenbogengelenk ↗ Drehgelenkroboter.

EMAGO: Abk. für ↗ elektromagnetisches Ordnen.

EMSM [engl.]: Abk. für *electro master slave manipulator*. ↗ Master-Slave-Manipulator.

Enkoder, *Encoder* [engl. Kodierer]: 1. ↗ Kode-Drehgeber(Winkelkodierer). – 2. ↗ Kodierung.

Endeffektor, *Endkörper*, *Endwirkglied*: Effektor, der sich an der der Gestellbefestigung am weitesten entfernten Stelle einer offenen ↗ kinematischen Kette befindet, z. B. Schweißelektroden spitze. Vgl. Effektor.

Endikon ↗ Vidikonröhre.

Endkonfiguration ↗ Konfiguration.

Endlage: max. erreichbare Grenze der Bewegung einer einzelnen Bewegungsachse. Mechanische E. begrenzen den Arbeitsraum des IR, wenn die elektrischen E. nschalter nicht ansprechen.

Endlagendämpfung ↗ Dämpfer.

Endwirkglied ↗ Endeffektor.

Endkörper ↗ Endeffektor.

Energieführungskette: Kette zur Kabelführung, die Versorgungsleitungen (Strom-, Druckluft-, Informationsleitungen) aufnimmt, die notwendig sind, um Bewegungseinheiten anzutreiben und zu steuern. Anstelle einer aus speziellen Kettengliedern bestehenden E. können die Leitungen auch als Schleppleitung nachgeführt oder auf abrollenden Bändern befestigt werden.

Encoder ↗ Enkoder.

Entladearm ↗ Entnahmeeinrichtung.

Entnahmeeinrichtung, *Entladearm*: Vorrichtung ähnlich einer Einlegeeinrichtung, die nur auf das Entnehmen von HHO aus dem Arbeitsraum von Fertigungseinrichtungen spezialisiert ist. E.en arbeiten vorzugsweise an Druckgieß- bzw. Plastspritzgießmaschinen.

Entpalettiermaschine: Einrichtung zum Auflösen von palettierten Ladeeinheiten. IR können als E. eingesetzt werden, wenn sie in der Lage sind, Raumstapelprogramme abzuarbeiten.

Entspannen: Aufheben einer vorübergehenden kraftpaarigen bzw. kraft- und formpaarigen Sicherung eines HHO.

Entwicklungssystem, *Mikrorechnerentwicklungssystem*: zur Entwicklung, Testung und Programmierung von Steuerprogrammen für Mikrorechner vorhandenes Rechensystem. Es besteht i. allg. aus einem Mikrorechner, komfortabler Peripherie (Bedieneinheit, Bildschirm, Folienspeicherlaufwerke, Drucker, Lochbandler und -stanzer) und dem zur Lösung der oben genannten Aufgaben erforderlichen Betriebssystem.

Entwirrgerät: Handhabeeinrichtung, mit der das automatische Zuführen von Wirrgut, z. B. Federn oder andere sich im Haufwerk vermischende Teile, möglich ist. Das Entwirren wird häufig durch Einblasen von Druckluft erreicht. Vorteilhafter ist es jedoch, das Arbeitsgut handhabegerecht zu gestalten, so daß sich die Wirrguthandhabung erübrigt.

EPROM [engl., Abk. für *erasable programmable read-only memory*]: lösch- und programmierbarer Nur-Lese-Speicher. Er ist ein Speichertyp der Mikrorechentechnik, der zur Speicherung von (festen) Programmen und Konstanten dient, gelöscht und neu angeschrieben werden kann.

Erdschleife: zwischen räumlich getrennten Erdpunkten fließende elektrische Ströme. Sie erzeugen durch Spannungsabfall an der Impedanz der Verbindung Unterschiede im Bezugspotential von Sender und Empfänger, die stets sowohl Netzwechselspannungs- wie Gleichspannungskomponenten enthalten. Gegen diese Art von Störungen helfen Trennung von Strompfaden und Potentialtrennung sowie notfalls Tiefpaßfilter.

Ergänzungsprogramm: Programm zur Lösung der verschiedensten Aufgaben innerhalb einer Fertigungszelle, z. B. Störmeldeprogramm (Störmeldung sofort bei einmaligem Fehler oder erst nach mehrmaliger Fehlerwiederholung), Korrekturprogramm (Auslassen bzw. Einfügen vorgegebener Programmschritte beim Eintreten bestimmter Umstände), Sicherheitsprogramm.

Erkennen → **Erkennung.**

Erkennung, Erkennen: Zuordnen innerhalb einer endlichen Anzahl verein-

Unterteilung von Erkennungsfällen in 5 Schwierigkeitsgrade

Nr.	Erkennung von	Charakter	Aufgaben (Beispiele)
1	2 Wertebereichen einer physikalischen Größe	Binärentscheidung	Anwesenheit/Abwesenheit von Energie von Teilen
2	Istwerten physikalischer Größen	„klassisches“ Meßproblem	Temperatur, Druck, Feuchte, Kraft, Verformung, Oberflächenunterscheidung
3	Wertemustern	Eigenschaft korreliert mit meßbarer Größe (z. B. mit Ortskoordinate)	Form-, Lage-, Zustandserkennung von Teilen
4	Wertemustern, die von anderen überdeckt werden	Eigenschaft korreliert mit meßbarer Größe (z. B. mit Ortskoordinate)	Erkennen ungeordnet lagernder Teile bzw. schon gefügter Teile
5	Wertemustern unter stochastisch veränderten Umweltbedingungen	anspruchsvolle Mustererkennung und -verarbeitung	Roboter im Bergbau, bei Havarien, bei Katastropheneinsatz

barter Fälle. Die vereinbarten Fälle, z. B. in Form verschiedenartiger Werkstücklagen, werden auch als Klassen bezeichnet. Das automatische Zuordnen innerhalb einer endlichen Anzahl vereinbarter Fälle erfolgt durch E.ssysteme (-einrichtungen).

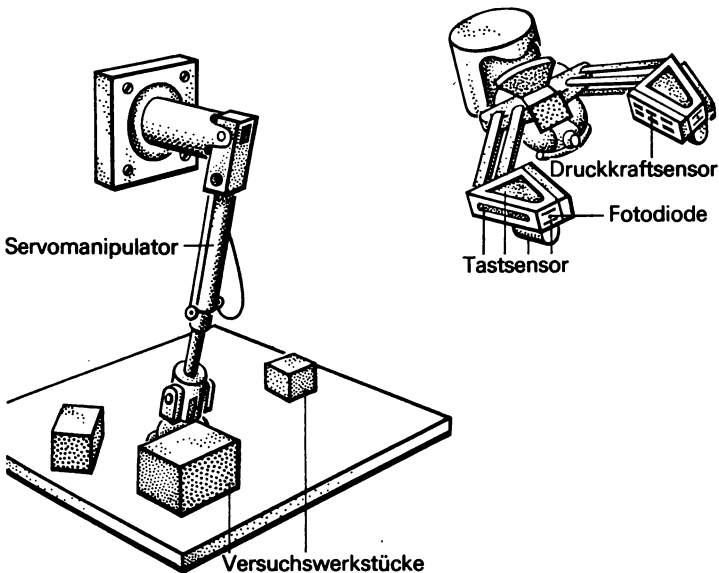
Erkennungsalgorithmus: mathematische Formulierung des Lösungsweges einer Erkennungsaufgabe. Der E. beschreibt den Zusammenhang zwischen gewünschter aktueller Zustandsgröße als Ausgangsgröße und den hierfür am Prozeß oder an Prozeßelementen zu gewinnenden Eingangsgrößen einschließlich der Zuordnung zwischen Wertebereich und vereinbarten Klassen der aktuellen Zustandsgröße.

Erkennungseinrichtung → Erkennungssystem.

Erkennungsfälle: Einteilung von Erkennungsaufgaben nach Schwierigkeitsgraden, wobei eine Grobeinteilung nach 5 E. zweckmäßig ist. Tab. S. 88.

Erkennungssystem, Erkennungseinrichtung: Gesamtheit der Hard- und Software zur technisch-physikalischen Realisierung eines Erkennungsalgorithmus. E. sind Meßwerterfassungs- und Meßwertverarbeitungssysteme sehr unterschiedlicher Komplexität und mit unterschiedlicher gerätetechnischer Ausführung. In noch nicht einheitlich gebrauchter Weise werden E. oder ihre Teile auch unter Verwendung der Begriffe *Sensor* und *Sensorsystem* benannt.

Erkundungsroboter, bergbautechnischer: mobiles automatisches Robotersystem mit z. B. Raupenfahrwerk, das unter Tage selbsttätig Gesteinsproben



Ernst-Arm mit sensorisiertem Greifer

entnimmt und durch Sensoren begutachten läßt. Der b. E. kann über eine Laserstrahlverbindung lagegesteuert werden. Er verfügt über ein Antennensystem, ein bewegbares Sichtsystem, einen Analysatorarm, einen sensorisierten Bohrarm, Scheinwerfer, Kontroll- und Meßapparaturen, eine bewegbare Einrichtung zur Größenbestimmung von Proben u. a.

Ernst-Arm: erster mit Sensoren ausgestatteter Manipulatorarm. Er wurde 1960/61 von *H. Ernst* am Technologischen Institut Massachusetts (USA) auf der Basis eines elektrischen siebenachsigen Servomanipulators der amerikanischen Firma AMF entwickelt. Als Modellaufgabe wurde das automatische Einsammeln auf einer Fläche verstreuter Würfel demonstriert. Alle Gelenke des E. waren mit Wegmeßsystemen ausgestattet. In die Greiferbakken waren Sensoren eingebaut. Abb. S. 89.

Erzeugnisgestaltung, robotergerechte ↗ Produktgestaltung, robotergerechte. **Europalette:** Flachpalette mit Außenabmessungen 800 mm × 1200 mm und einer zulässigen Stapelhöhe von 1500 mm. Nur wenige IR haben einen Arbeitsraum, der den Stapelbereich einer E. abdeckt.

Exoskelett ↗ Außenskelett.

Exoskeleton ↗ Außenskelett.

Experimentierroboter: an handelsübliche Rechnersteuerungen anschließbarer Kleinroboter. E. haben eine geringe Tragkraft und Verfahrgeschwindigkeiten, die nur etwa 10 % der Geschwindigkeit eines IR betragen. Sie ermöglichen Herstellern wie Anwendern von IR vor allem die Analyse und Synthese komplexer Programmierungstechniken.

explicit-programming [engl.] ↗ Programmiersprache, explizite.

F

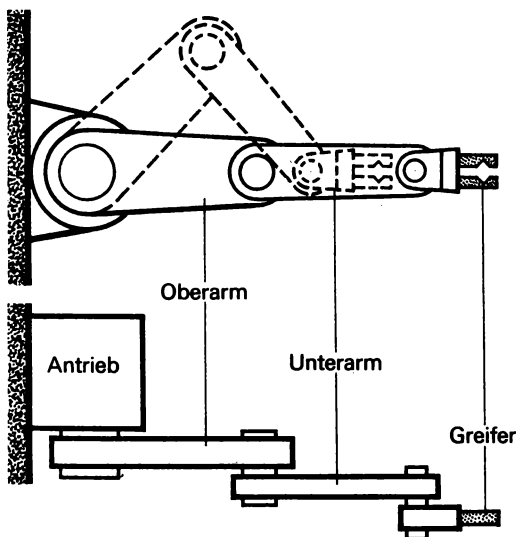
Fächerbandbunker: Werkstückspeicher für ungeordnetes Arbeitsgut, bei dem in einem ↗ Bunker befindliche Werkstücke durch ein schräg nach oben laufendes Band mit einzelnen Fächern aufgenommen, emporgeführt und in ein angeschlossenes Magazin geordnet ausgegeben werden. Der Boden des Bunkers soll mehrfach verstellbar sein, so daß je nach Werkstückverhalten solche Winkel eingestellt werden können, die ein selbsttätiges und vollständiges Entleeren begünstigen.

Fahrachse: Bewegungsachse eines IR, die in Verbindung mit einer ↗ Verfahrenseinheit eine Ortsveränderung vornehmen kann.

Fahrständerbauform ↗ Bauform.

Fallmagazin: Werkstückspeicher für stapelfähige Werkstücke mit vorwiegend geringer Masse, bei dem die Teile unten entnommen werden und der Speicherinhalt durch Schwerkraftwirkung nachrückt.

Faltarm, Knickarm, Gelenkarm: Führungsgetriebe eines IR mit sehr kleinem Platzbedarf, bei dem das in der Natur entstandene Faltprinzip nachgeahmt wird. Die Drehgelenke können so angeordnet sein, daß das Falten in verti-



Prinzip des Faltarms

kaler oder horizontaler Ebene (*Horizontal-F.*) erfolgen kann. Der F. kann elektrisch oder hydraulisch angetrieben werden. Zur Übertragung der Bewegung dienen häufig Koppel-, Räder- und Kettengetriebe. Abb.

Farberkennung, automatische: Teilgebiet der automatischen Erkennung. Bei der a. F. wird das von farbigen Oberflächen reflektierte Licht, z. B. durch Farbteilerspigel eines Abtastkopfes, in die Farben Rot, Grün und Blau zerlegt. Optoelektronische Bauelemente wandeln die Teillichtstrahlen in elektrische Signale um, die zur eigentlichen a. F. in digitalisierter Form einem Auswerterechner zugeleitet werden. Aus Farbton, Sättigung und Helligkeit bestimmt dieser den Farbwert des Objekts. Theoretisch sind so 32000 verschiedene Farbwerte feststellbar.

Farbsensor: optischer Sensor zur Informationsgewinnung über spektrale Anteile des von einem Objekt emittierten, remittierten oder reflektierten Lichts. Spektrale Zerlegung und Bewertung der Anteile können auf sehr unterschiedliche Weise erfolgen. Von Seiten des Senders wird die Beleuchtung mit weißem Licht oder die zyklische Beleuchtung mit schmalbandigem „farbigem“ Licht unterschiedlicher Wellenlänge angewendet. Im ersteren Fall erfolgt im Empfänger die spektrale Zerlegung auf zugeordnete Empfänger, im zweiten Fall der Empfang der spektralen Komponenten seriell über ein und denselben Empfänger. Die Bewertung reicht von der Ausgabe prozentualer Anteile der spektralen Komponenten bis zur Ausgabe von Kennzahlen über Farbton, Farbsättigung und Helligkeit. F.en arbeiten i. allg. rechnergestützt.

Farbspritzroboter, Lackierroboter: für das hydraulische, pneumatische oder

elektrostatische Farbspritzen entwickelter freiprogrammierbarer Drehgelenkroboter mit meist hydraulischem Antrieb und Mikroprozessorsteuerung. Die 5 oder 6 Bewegungsachsen werden vorwiegend im Teach-in-Verfahren ($\nearrow$ Teach-in-Programmierung, direkte) programmiert. F. dienen zum Auftragen von Lack, Farbe, Schleifgrund, Emailslicker, Unterbodenschutzmitteln u. a. Die Verfahrensgeschwindigkeit beträgt im Durchschnitt 1,5 bis 2,0 m/s. Die Positioniergenauigkeit der Spritzteile soll an der Gehängevorrichtung etwa ± 5 mm betragen. Die Farbspritzpistole sollte eine Spritzstrahländerung (Flach-, Rundstrahl, Strahlbreite) während des Spritzens zulassen. Der Informationsspeicher, z. B. eine Magnetplatte, kann mehrere Millionen Informationen speichern. Mit Farbwechseleinheiten kann kurzzeitig der Farbton automatisch umgestellt werden. Auch das Spülen mit Lösungsmitteln ist dann in den Programmablauf eingeschlossen. Da meist nur eine Leitung für den Verdünnner vorhanden ist, sind nur Anstrichstoffe einer Bindemittelqualität im Wechsel spritzbar. Bei Farbumschaltung ist gewöhnlich ein anderes Programm erforderlich, da durch die Deckfähigkeit der Farben u. a. oft andere Arbeitsgeschwindigkeiten nötig werden. Für eine Beurteilung der Eignung eines F. können folgende Kriterien dienen: Qualitätsschwierigkeitsgrad, Art der zu behandelnden Fläche, Wechsel der Anstrichstoffe und Farbtöne, Anzahl notwendiger Programme. Für weniger komplizierte Farbspritzaufgaben genügt meist schon ein $\nearrow$ Linearspritzroboter.

Farbwechseleinrichtung: Zusatzgerät für Farbspritzroboter, mit dem auf Knopfdruck auf eine andere von mehreren bis zur Farbspritzpistole anliegenden Farbleitungen umgeschaltet werden kann. Das Spülen der Farbspritzpistole gehört mit zum Farbwechselvorgang.

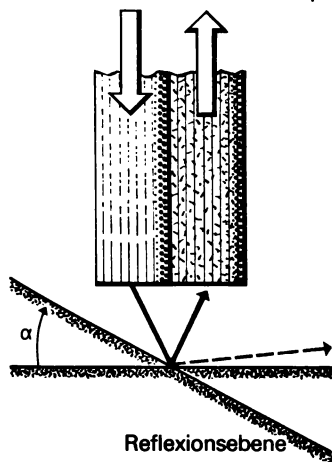
Faseroptik: aus gebündelten Glas- oder Kunststofffasern bestehendes Kabel zum Fortleiten von Lichtsignalen – bei systematischer Ordnung der Fasern auch von Bildern – auf gekrümmten Bahnen. Die Lichtleitung erfolgt durch innere Totalreflexion in den Fasern. Die F. spielt im Zusammenhang mit der Anwendung von $\nearrow$ Sensoren und $\nearrow$ Überwachungseinrichtungen eine Rolle.

Faseroptiksensoren: optischer Sensor, bei dem physikalische Eigenschaften der Faseroptik ausgenutzt werden. F.en werden nach dem Wirkprinzip wie folgt unterschieden: 1. Lichtübertragung über eine Sendefaser und Aufnahme eines von einer bewegten Oberfläche unterbrochenen oder unterschiedlich reflektierten Lichtstrahls mit einer Empfangsfaser; 2. Anordnung, bei der die Faser selbst als Sensor wirkt, indem z. B. Lichtverluste durch den Fasermantel mittels Biegung, Drehung oder anderen Oberflächeneinflüssen festgestellt werden; 3. Ausnutzung der Phasenänderung, die durch eine mechanische Belastung der optischen Faser entsteht. Abb. S. 93.

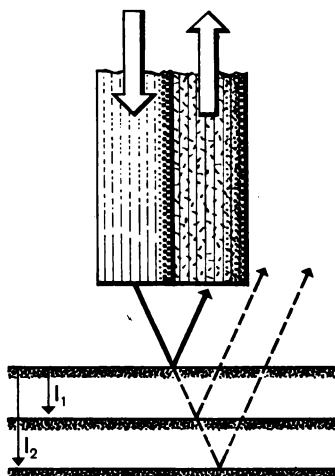
Federausgleich: Ausgleich (Lastausgleich), bei dem Federn bzw. Federsätze eingesetzt werden, um an den bewegten Gliedern des Führungsgetriebes eines IR wirkende Schwerkkräfte aufzuheben. Der F. hat auch die Aufgabe, z. B. dem Unterarm eines Drehgelenkroboters durch Federkraft aus seinen Endlagenstellungen herauszuhelfen.

Federbodenpalette: Palette, deren ebene Werkstückspeicherfläche auf ge-

vom Lichtsender zum Lichtempfänger



Winkelmessung



Abstandsmessung

Wirkungsweise von Faseroptiksensoren, dargestellt am Beispiel der Feststellung eines Winkels α und der Feststellung einer translatorischen Verschiebung l

nau abgestimmten Federsätzen ruht. Beim Auflegen von Werkstückschichten sinkt die Aufnahmefläche (*Federboden*) stets soweit nach unten, daß das Ablageniveau erhalten bleibt. Beim Abnehmen von Teilen steigt der Boden durch Federkraft wieder nach oben.

Federbodenspeicher: Werkstückspeicher, bei dem die Gewichtskräfte der auf einen Boden aufgelegten Werkstücke durch Federkräfte, die durch eingebaute Federsätze erzeugt werden, aufgehoben werden. Die obere Werkstückschicht befindet sich deshalb immer annähernd in gleicher Höhe.

Federfinger, Federpaketfinger: ein nach der Biegelinie gestuftes Paket aus Blattfedern. Als Teil eines Greifers verleiht der F. diesem eine hohe Elastizität und ist besonders für das Greifen von Rohteilen mit größeren Abmessungstoleranzen, z. B. beim Schmieden, geeignet.

Federklemmer: ungesteuerter Greifer, der durch Aufdrücken auf ein Werkstück oder Eindringen in ein Hohlteil dieses kraftpaarig hält. Aufgenommene Teile können nur durch einen mechanischen Abstreifer oder durch Festhalten des Teils wieder vom F. entfernt werden.

Federpaketfinger $\rightarrow$ Federfinger.

Feedback [engl.]: ein Schaltungsprinzip, bei dem ein Teil des Ausgangssignals eines Übertragungsglieds auf dessen Eingang rückgekoppelt wird. Bei Master-Slave-Manipulatoren gilt der Begriff *Force-F.* (*Kraftrückführung*).

Feeder ↗ Feedergerät.

Feedergerät [engl.]: Handhabeinrichtung, die besonders an Pressen und Pressenstraßen in der Umformtechnik für einfache Ein- und Ausgabeoperationen, häufig auch nur für das Ausgeben, eingesetzt wird. Das F. wird häufig pneumatisch angetrieben und stellt eine Weiterentwicklung der ↗ Eisernen Hand dar. Allgemein werden auch Zuführeinrichtungen als F. bezeichnet.

Fehlerdiagnosesystem ↗ Diagnose.

Fehlerkode, *Fehlerschlüssel*: Darstellung und Bezeichnung von Fehlern oder bestimmten Betriebszuständen, notwendigen Bedienhandlungen u. a. in einer Kurzform, meist Zahlen oder Buchstaben-Ziffern-Kombinationen, um einer Anzeige an der Steuerung mit möglichst einfachen technischen Mitteln (7-Segment-Anzeige) zu entsprechen. Vgl. Kode, alphanumerischer, Kode, numerischer.

Fehlerschlüssel ↗ Fehlerkode.

Feinpositionierung: Herstellung einer sehr genauen Lage eines Objekts, z. B. beim ↗ Montageindustrieroboter, durch ungesteuerte ↗ Fügemechanismen oder durch die Auswertung von Sensorsignalen und der Abarbeitung von Suchalgorithmen. Bei der Steuerung eines IR wird unter F. das exakte Anfahren eines Raumpunkts verstanden, wobei der nächste Programmschritt erst nach Erreichen der genauen Position ausgelöst wird. Ein ↗ Schleppfehler, wie beim Grobpositionieren, tritt bei der F. nicht auf.

Fernbedienungsgerät ↗ Fernhandhabungsgerät.

Fernchirurgie: spekulatives Projekt für den ferngesteuerten operativen Eingriff in den menschlichen Körper mit Hilfe eines z. B. in eine Endoskophülse eingebauten Kleinstmanipulators. Dem Operateur wird durch ↗ Kraftrückführung Gefühl vermittelt und über Fernsehen die Operationsstelle auf einem Bildschirm dargestellt. Die Bildübertragung aus dem Körperinnern erfolgt über Lichtleitkabel.

Ferngreifer: einfache, nichtprogrammierbare Hantiergeräte, mit denen ein Bediener HHO außerhalb seines natürlichen Greifbereichs manipulieren kann. F. haben einen niedrigeren Freiheitsgrad als Master-Slave-Manipulatoren, einen kleineren Arbeitsraum und geringe Tragfähigkeit. Vgl. Kugelmanipulator.

Fernhandhabegerät, *Fernbedienungsgerät*: Einrichtung, die in unzugänglichen Bereichen die Hände von Personen ersetzt und zum Bewegen von HHO dient. Dazu gehören Ferngreifer, Kraftmanipulatoren, mechanische Master-Slave-Manipulatoren, Servo-Master-Slave-Manipulatoren und Sondergeräte. Die Realisierung erster F. begann in den 40er Jahren dieses Jahrhunderts, um höherradioaktives Material handhaben zu können.

Fernmeßtechnik, *Telemetrie*: Verfahren und Einrichtungen zur Umwandlung und Übertragung von Meßwertsignalen z. B. auf Kabel- oder Funkstrecken. Die F. spielt beim Einsatz von Erkundungsrobotern im kosmischen Bereich eine große Rolle.

Fernsehsensor, *TV-Sensor*, *Videosensor*: optischer Sensor zur automatischen Erkennung von HHO auf der Basis einer Fernsehkamera. Häufig werden je-

doch nur einige der aufgenommenen Fernsehzeilen ausgewertet, um Rechenzeit und Speicherkapazität bei der Signalverarbeitung zu sparen.

Fernsteuerung: als Spezialgebiet der Fernwirktechnik eine Steuerung, in deren Wirkungsweg Signale durch zusätzliche technische Maßnahmen über größere Entfernungen sicher übertragen werden.

Fernwirktechnik: Teilgebiet der Übertragungstechnik, das sich mit Schaltungen, Geräten und Verfahren zur Fernübertragung und Auswertung von Sensordaten (*Fernmessung*) zwecks Fernsteuerung bzw. -regelung von Anlagen, z. B. $\rightarrow$ Synchronoteleomanipulatoren, befaßt (*Fernbedienung*).

Fertigteil: Werkstück, an dem nichts mehr verändert wird. Vgl. Rohteil.

Fertigteilgreifer: Greifer, dessen Greiferbacken so ausgelegt sind, daß Fertigteile damit aufgenommen werden können. Ein F. sollte möglichst auch Rohteile greifen können. Bei Doppelgreifern wird meist ein Greifer als F. und der andere als Rohteilgreifer ausgebildet. Vgl. Greifteilefamilie.

Fertigung: alle Maßnahmen und Einrichtungen, die einen Stoff oder Körper durch schrittweises Verändern der Form, der Stoffeigenschaften oder beider von einem Rohzustand in einen Fertigzustand überführen. Zur F. gehört auch das Verbinden der Körper zu komplexen technischen Gebilden.

Fertigung, bedienarme: Bedienart, bei der eine Bedienung der Fertigungseinrichtungen nur teil- und zeitweise mit einem Zeitanteil der besetzten Schicht von $t_{\text{Bedienzeit}}/t_{\text{Laufzeit}} \leq 1/6$ erforderlich ist. Die Bedienung bis zu 6 Stationen ist durch einen Bediener möglich. Vgl. Fertigung, bedienfreie, Fertigung, unbemannte.

Fertigung, bedienfreie: Bedienart, bei der an den Fertigungseinrichtungen kein Bediener mehr erforderlich ist. Die b. F. arbeitet automatisch und wird aus einem Werkstückspeicher versorgt. Eine personelle Überwachung ist notwendig. Die Überwachungskraft kann zwar durch andere Aufgaben gebunden sein, muß aber die Möglichkeit haben, die bedienfrei laufenden Anlagen vom eigenen Arbeitsplatz aus sofort stillsetzen zu können. Vgl. Fertigung, bedienarme, Fertigung, unbemannte.

Fertigung, integrierte $\rightarrow$ integrierter, gegenstandsspezialisierter Fertigungsabschnitt.

Fertigung, unbemannte: Fertigung, für die kein Bedien- und Überwachungspersonal erforderlich ist. Die u. F. arbeitet automatisch und überwacht sich funktionell selbst. Die Güte des Systems ($\rightarrow$ Qualitätssicherungssystem) „Werkstück-Werkzeug-Werkzeugmaschine-Prozeß“ wird automatisch gesichert. Vgl. Fertigung, bedienarme, Fertigung, bedienfreie.

Fertigungskette: Reihenschaltung von Maschinen, evtl. auch mit Verzweigungen, durch die ein Rohprodukt, Halbfabrikat u. a. läuft, um zu einem Fertigprodukt entsprechend der vorgegebenen technischen Daten bearbeitet zu werden. Die F. ist häufig ein gruppenweise automatisch gesteuertes Maschinensystem, dessen Teilsysteme i. allg. automatische Maschinen sind. In modernen F. werden meist einfache IR oder auch $\rightarrow$ Einlegeeinrichtungen für das Beschicken, Weitergeben und Ablegen von HHO eingesetzt.

Fertigungskleinsystem: Fertigungseinheit, deren Struktur eine veränderliche, wechselnde Kopplung der zur Erfüllung einer komplexen Fertigungs-

aufgabe erforderlichen Operationen ermöglicht. Das F. eignet sich besonders für die Klein- und Mittelserienfertigung. Durch die Operationen verbindende Handhabesysteme wird das F. vervollständigt.

Fertigungsprozeß: im Sinne des Produktionshauptprozesses der Teil des Produktionsprozesses, der unmittelbar in den Fertigungsbereichen abläuft. Er besteht aus Fertigungshaupt- und -hilfsprozessen. Zu den Fertigungshilfsprozessen zählen im wesentlichen die Lagerung vor und nach den Arbeitsgängen, die Orts- und Lageveränderungen (innerbetrieblicher Transport) und die Prüf- bzw. Kontrollvorgänge. Dabei muß beachtet werden, daß sich in der Entwicklung die Fertigungshauptprozesse und -hilfsprozesse immer zu einem einheitlichen Prozeß vereinigen.

Fertigungssystem, flexibles: in sich abgeschlossene Struktureinheit des Produktionsprozesses zur Be- oder Verarbeitung verschiedener, in einem definierten Bereich technologisch und geometrisch ähnlicher Werkstücke, in die auch die Hilfsoperationen mit einbezogen sind. Die Gesamtheit der notwendigen Operationen läuft selbständig, in beliebiger und optimaler Reihenfolge ab, ohne daß die Bearbeitungsfolge durch manuelle Umstellvorgänge unterbrochen werden muß. Das f. F. ist die nächsthöhere Stufe einer Fertigungszelle. Abb. S. 97.

Fertigungszelle: automatische Fertigungseinrichtung, die aus systemgerecht integrierten Teilsystemen zusammengestellt ist und zur Bearbeitung unterschiedlicher, häufig wechselnder Werkstücksortimente dient. Zu den Teilsystemen gehören neben der Bearbeitungseinheit Einrichtungen für den selbsttätigen Werkstück-, Werkzeug-, Informations- und Energiefluß sowie Einrichtungen des Hilfsprozesses, wie Ver- und Entsorgung, Werkstückbehandlung, Gütesicherung und je nach Ausbaustufe auch Elemente der technisch-technologischen Vorbereitung, der Fertigungsplanung und -lenkung sowie der Wartung und Instandhaltung. F. gestatten für mehrere Stunden den bedienfreien Betrieb. Vgl. Technologische Einheit. Abb. S. 97.

Festkörperbildsensor: Bildsensor auf der Basis zeilen- oder matrixförmig angeordneter monolithisch integrierter Wandlerelemente auf Festkörperbasis. Solche Elemente können integrierte Fotoleiter, -dioden, CCD-Elemente oder CID-Elemente sein.

Festprogrammsteuerung: IR-Steuerung, bei der das Handhabeprogramm fest verdrahtet oder in einem fest eingebauten Halbleiterspeicher (ROM) gespeichert ist. Sie wird bevorzugt als Einfachsteuerung angewendet.

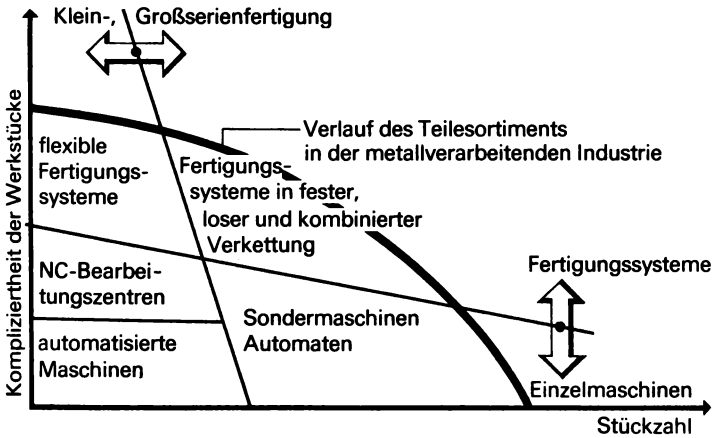
Festtaktroboter ↗ **Einlegeeinrichtung.**

Feuerwehrroboter: Roboter, der Treppenstufen überwindet und zur Brandbekämpfung, insbesondere im Innern von Hochhäusern, dient. Er wird i. allg. über Kabel ferngesteuert und zieht eine Leitung für das Löschmittel hinter sich her. Der F. befindet sich noch im Versuchsstadium.

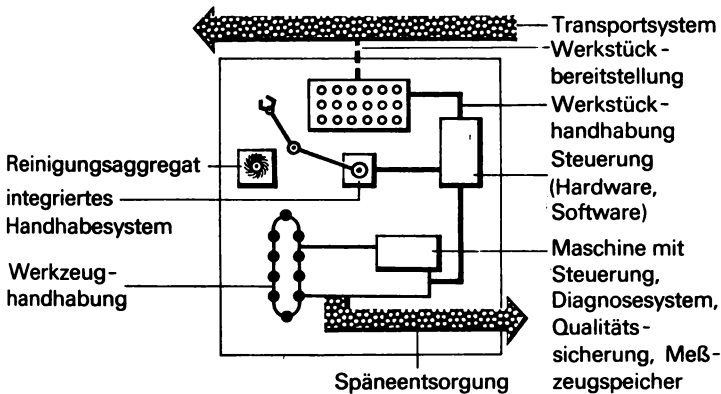
Filter ↗ **Druckfilter.**

Finger, Greiffinger: Teil eines Greifers bzw. festes, elastisches oder mehrgliedriges Greiforgan zum Umfassen eines HHO. Meist sind die eigentlichen Greifflächen des F. mit auswechselbaren Greiferbacken versehen.

Finger, pneumatischer, Beugefinger, Pneumatikfinger: in Kammern unterteilt elastischer Hohlkörper aus Gummi oder Elastomeren, der einseitig an



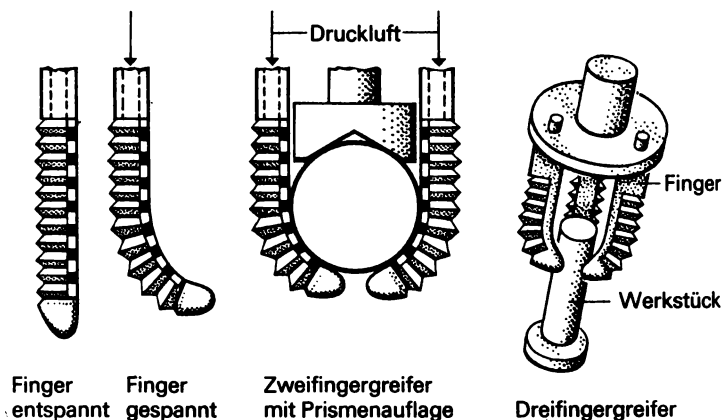
Einordnung der flexiblen Fertigungssysteme



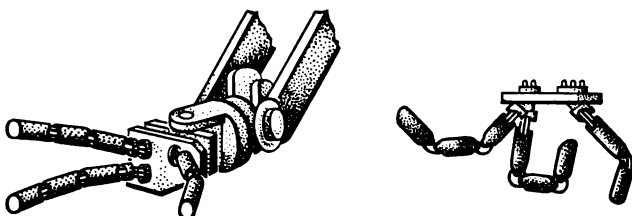
Schematische Darstellung einer flexiblen Fertigungszelle

einem nicht dehnbaren aber biegsamen Band so befestigt ist, daß er sich unter Druck ausdehnt, biegt und damit ein Werkstück halten kann. Durch Innen- und Außenskelette lassen sich p. F. zusätzlich verstärken, ohne daß Gelenkigkeit und große Greifweite verlorengehen. Im allgemeinen bilden mehrere p. F. eine Greifeinheit. Abb. S. 98.

Fingergreifer: System von mehreren gelenkig miteinander verbundenen Gliedern. Die HHO werden form- und kraftpaarig gegriffen. Mechanische F. sind i. allg. Nachbildungen der aus 3 Gliedern bestehenden menschlichen Finger, wobei der Antrieb ihrer Glieder oft durch jeweils einen Seilzug (*Seilzugfinger*) erfolgt. Es lassen sich so Fünf-, Vier- und Drei-F. aufbauen,



Konstruktion und Anwendung pneumatischer Finger



Fingergreifer: Dreifingergreifer mit Seilzugfingern

die in der Prothetik praktische Bedeutung erlangt haben. Sonderformen sind der Softgreifer und die pneumatischen Schlauch- und Beugefinger (↗ Finger, pneumatischer). Abb.

Fingermaster: Außenskelett zum Abnehmen von Steuersignalen für die Steuerung einer Slave-Vorrichtung, das sich nur auf Fingerbewegungen der menschlichen Hand beschränkt. Es wird z. B. für das Training Behinderter oder zur Lehre und Ausbildung bestimmter Handfertigkeiten angewendet. Die Gesamtfunktion entspricht der eines Master-Slave-Systems. Vgl. Master-Slave-Manipulator.

Fingersensor: in einen oder mehrere Finger eines Greifers konstruktiv einbezogener Sensor, um Informationen, die für Einleiten, Aufrechterhalten oder Beenden von Greifvorgängen von Bedeutung sind (Annäherung, Abstand, Anwesenheit, Form, Lage, Greifkraft, Rutschen), zu gewinnen. Die Empfangsflächen von F.en können Punkt-, Zeilen- oder Matrixform haben, letztere z. B. als Metallelektroden, über denen sich eine elektrisch leitende Schicht befindet. Diese wird beim Schließen des Greifers an der Anlagestelle des HHO gegen die darunterliegenden Elektroden gedrückt. Das da-

durch entstehende Muster aus geschlossenen und offenen Kontakten kann ausgewertet werden, um Form und Lage des HHO zu erkennen. Als F.en kommen auch Gleit- und Greifkraftsensoren infrage.

Fingerwechselsystem: Gesamtheit des zum automatischen Wechsel der Finger eines Greifers erforderlichen Einrichtungen, die auch bei einem Greiferwechselsystem nötig sind. Dazu gehören feste oder bewegliche Magazine für die Wechselfinger, Koppелеlemente mit Ver- und Entriegelung sowie Elemente zur Energie- und Signalkopplung. Durch Aufnehmen und Ablegen von Fingern entstehen ungünstige Nebenzeiten, die durch technisch-organisatorische Maßnahmen verringert werden können.

Firmware [engl.]: Programme bzw. Programmsystem einer rechentechnischen Einrichtung, die vom Hersteller mitgeliefert werden, um einen bestimmten Einsatz dieser Einrichtung zu ermöglichen. Dabei erhält der Nutzer keine näheren Informationen über inneren Aufbau und Funktion der F.

Flächenportal: Portalbauform mit 4 Portalsäulen, so daß der Portalwagen flächenverfahrbar ist und ein daran befestigter IR einen sehr großen Arbeitsraum bestreichen kann. Das F. entspricht dem natürlichen Aufbau der technischen Umwelt in rechtwinkligen Koordinatensystemen und kann platzsparend eingeordnet werden. Im F. können ein oder mehrere Roboterarme installiert werden, die von oben greifen. Es werden Verfahrgeschwindigkeiten bis 1,5 m/s und Wiederholgenauigkeiten bis $\pm 0,05$ mm realisiert. Flächenwirksame Portalroboter werden auch als *Kreuzportalroboter* bezeichnet.

Flächenprogramm: Programm, das sich ergibt, wenn über einen längeren Zeitraum definierte, über eine Fläche verteilte Punkte in vorgegebener Reihenfolge angefahren werden. Vgl. Flächenstapelprogramm, Programmart.

Flächensensor: Sensor mit mehreren, über eine Fläche verteilten diskreten oder integrierten Sensorelementen. Das können z. B. matrixförmig angeordnete Metallelektroden sein, über denen sich eine nachgiebige elektrisch leitende Schicht befindet, oder auch *Ohmsche Widerstandsanordnungen* auf der Basis elektrisch leitfähiger Plaste bzw. auf der Grundlage von Kohlefaservlies. Ein solcher F. hätte, bezüglich der Taktilsensibilität, den Charakter einer *künstlichen Haut*.

Flächenstapelprogramm: Programm zur Steuerung der Greifhand eines Beschickungsroboters in der x-y-Ebene für eine flächige Werkstückordnung (*Flächenzugriff*), bei der keine Werkstücke übereinander liegen und der z-Koordinatenwert somit nicht variiert. Vgl. Punktsteuerung, Raumprogramm.

Flächenzugriff $\nearrow$ Flächenstapelprogramm.

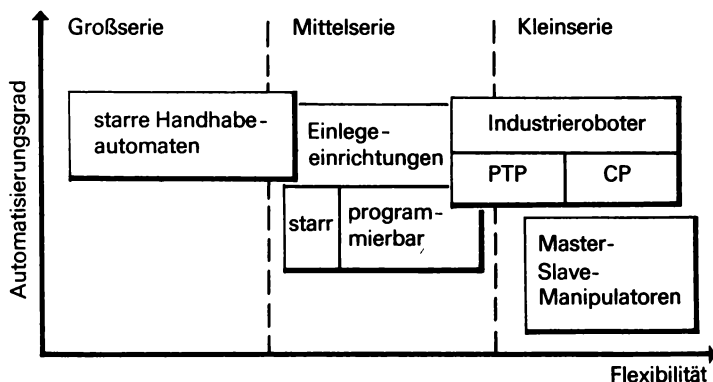
Flachführung: meist Gleitführung, die z. B. als Schwalbenschwanz- oder Dachführung besonders für kurze und genaue Führungen eingesetzt wird. Das Spiel wird mit Stell- oder Keilleisten eingestellt. Als Wälzführung ausgeführt, werden z. B. Nadellager in Flachkäfigen aus Kunststoff oder Metall bzw. Kugeln eingesetzt. Vgl. Führung.

Flachpalette: Palette ohne Seitenwände zum Aufnehmen von HHO, deren Lage gewöhnlich durch Lagesicherungselemente fixiert wird. Das Gut ist für den Greifer eines IR trotzdem gut zugänglich. Eine F. ist 1240 mm

lang, 840 mm breit und 144 mm hoch. Es werden auch kleinere F. nach dem Maßsystem der Transportbehälter gestaltet.

Flanschbauform: Bauform eines maschinenintegrierten IR, der über einen Befestigungsflansch mit der zu bedienenden Fertigungseinrichtung verbunden wird und deshalb keinen eigenen Ständer besitzt.

Flexibilität: in der Handhabetechnik die Eigenschaft automatischer Handhabeeinrichtungen, gegenüber wechselnden Handhabeaufgaben selbstanpassungsfähig zu sein. Die F. wird durch die Baugruppen *Steuerung* (Lage-sollwertbereitstellung, Programmschrittzahl, Programmsatzfolge, Funktionszusammenhang zwischen gesteuerten Achsenbewegungen, logische Bedingungen aufgrund äußerer Signale), *Greifer* (Krafteinleitung, Greifkraft, Greifbereich), *Führungsgetriebe* (Beweglichkeit, Kollisionsbedingungen) und *Sensoren* (Objekt-, Positions-, Lage-, Kollisionserkennung, Greifkraftmessung) bestimmt. Im allgemeinen bezeichnet man mit F. die wirtschaftliche Be- und Verarbeitbarkeit schnell wechselnder unterschiedlicher Teile und Erzeugnisse eines Sortiments. Abb.



Zusammenhang zwischen Automatisierungsgrad und Flexibilität

Fleximan [engl.]: Bezeichnung eines IR, der 1962 von der amerikanischen Firma American Machine and Foundry in verschiedenen Baugrößen (0,7 bis 11,0 kg Tragfähigkeit) entwickelt wurde.

Flexspline [engl.]: Bezeichnung für eine elastische topfförmige Stahlbüchse mit Außenverzahnung in einem Wellgetriebe.

Fließgut: i. allg. formunbestimmter Stoff, z. B. Flüssigkeiten, Gase und Pasten. Gelegentlich werden auch Bänder, Drähte, gegurtete Teile und Granulat dem F. zugerechnet, auch als *Quasi-F.* bezeichnet. Vgl. Stückgut.

Fließgutprozeß → Fließprozeß.

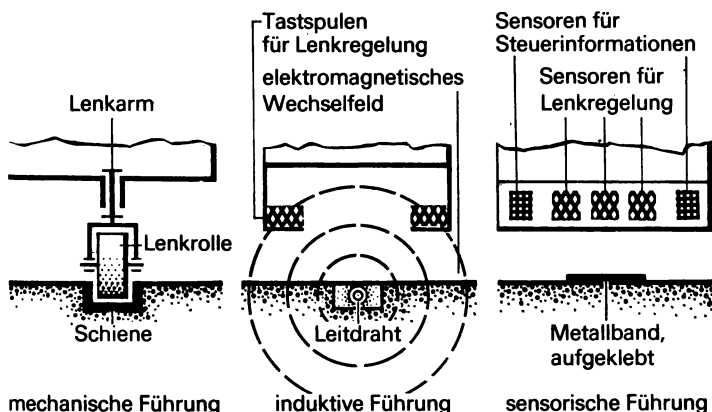
Fließmontage → Montagelinie.

Fließprozeß, Fließgutprozeß: Produktionsprozeß, bei dem Energien oder gestaltlose Produkte beliebiger Konsistenz mit definierten physikalischen und bzw. oder chemischen Eigenschaften, z. T. auch Materialstränge (Band,

Draht, u. a.), hergestellt oder verteilt werden. Vgl. Chargenprozeß, Stückprozeß.

Floppy-Disk [engl.]: externe Datenspeichereinheit mit wahlfreiem Zugriff, bei der Disketten als Informationsspeicher verwendet werden.

Flurförderzeug, fahrerlos: automatisches Transportsystem, das aus batteriegespeisten Flurförderzeugen besteht, die mit einer Geschwindigkeit bis zu 120 m/min fahrerlos umlaufen. Der Fahrkurs wird bei einer induktiven Führung durch im Fußboden verlegte Leitdrähte, durch die hochfrequenter Wechselstrom fließt, bestimmt. Dieser erzeugt konzentrisch um den Leiter ein magnetisches Wechselfeld, das Spannungen in den Tastspulen der Fahrzeugantenne induziert. Bei geringsten Abweichungen vom Leitdraht entstehen unterschiedlich hohe Spannungen. Die gemessene Differenz



Führung fahrerloser Flurförderzeuge

Gerätechnik fahrerloser Flurförderzeuge

induktiv gesteuertes Transportsystem

Transportmittel (mobiler Teil)

Fahrzeug: Fahrtrieb, Lenkantrieb, Stromversorgung

Fahrzeugsteuerung: Warn-, Schutz-, Überwachungseinrichtungen, Sende- und Empfangsanlage, Steuerrechner

Anlage (stationärer Teil)

Fahrkurs

Fahrkurssteuerung: Blockierschleifen, Türen, Warnanlagen, Standortbestimmung, Stromversorgung

dient als Lenkinformation. Ein im Schlepper eingebauter Mikrorechner ermöglicht eine zuverlässige, den technischen Forderungen angepaßte Steuerung, Positionierung und Überwachung während des Betriebs. Die Informationen zwischen Fahrzeug und stationärer Anlage werden durch magnetische Felder übertragen. Abb. Tab.

Flüssigkristallanzeige: Anzeige, für die Flüssigkristalle (z. B. Methoxybenzylidenbutylanilin) verwendet werden, bei denen die Lichtdurchlässigkeit von der an den Elektroden angelegten Spannung abhängt.

Flying-spot-Abtaster [engl.]: Verfahren der Bildrastrung, bei dem das Objekt durch einen Leuchtpunkt, z. B. durch einen abgelenkten, fokussierten Laserstrahl, abgetastet wird. Um eine linienförmige Abtastung zu erzeugen, wird ein Polygon- oder Schwenkspiegel verwendet. Vgl. Triangulations-Laser-Scanner.

FMS: 1. [engl. Abk. für *flexible manufacturing systems*] → Fertigungssystem, flexibles. – 2. Abk. für *flexibles Montagesystem*. Vgl. Montagelinie.

Foldegreifer: Mehrfachgreifer, der verschiedenartige Werkstücke nacheinander aufnehmen kann und dazu mehrere den Werkstücken angepaßte Greiforgane trägt. F. werden vor allem bei der Montage mit IR verwendet.

Folgeregelung: Regelung, bei der die Führungsgröße veränderlich ist und einer anderen Größe folgt, z. B. nach einem Programm oder nach einem Zeitplan.

Folienmagazin: Werkstückspeicher in Form einer Flachpalette, der durch Vakuumentziehen einer Plastfolie hergestellt wurde und durch das Abformen originaler Werkstücke Speicherplätze mit formgetreuer Gegenkontur aufweist.

Folienspeicher → Diskette.

force-feed-back [engl.] → Kraftrückführung.

Förderbandspeicher: aktiver Werkstückspeicher, der in Einzel-, Mehrfach- oder Etagenordnung innerhalb von Fertigungszellen oder technologischer Einheiten für die Bereitstellung kleiner und mittelgroßer Werkstücke verwendet werden kann.

Fördern: in der Handhabetechnik das orts- und achslagenverändernde Bewegen von HHO über eine begrenzte Entfernung, z. B. innerhalb des Werkbereichs.

Formadaptivität: selbsttätige Anpassung formpaarig wirkender → Greifer an ein HHO. Je mehr bewegliche parallele Finger und bzw. oder Wirkelemente je Finger angeordnet werden, umso größer ist die F.

Formeinsprühgerät: Einrichtung, mit der an Druckgießmaschinen das Ausblasen der Gravur mit Druckluft und das Einsprühen mit Schmierstoff, der das Fließen des Metalls und das Ausheben begünstigt, durchgeführt wird. Beim Entladen der Maschine mit IR kann dieser das Aussprühen mit übernehmen, indem z. B. zusätzlich auf dem Greifer ein F. montiert wird.

Formelement: geometrische Form an einem HHO, die die Eignung für automatisches Handhaben bedeutend beeinflusst. Haupt-F. sind z. B. Bohrung, Absatz, Bund, Schlitz, Sicke, Nut, Fase, Ausklinkung und Einstich.

Neben-F., z. B. Querbohrungen oder Freistiche, beeinflussen das Werkstückverhalten nur unbedeutend.

Formgreifer: Greifer mit mehreren parallel angeordneten, unabhängig voneinander angetriebenen Wirkorganen, die sich selbsttätig der unregelmäßigen Form eines HHO anpassen und damit ein sicheres Greifen gestatten.

Formpaarung, Formschluß: Sicherung einer definierten Lage von Elementen, z. B. HHO, ausschließlich durch geeignete Formelemente. Bei F.en haben die Elemente Spiel und nicht alle vorgesehenen Berührungsstellen werden gleichzeitig wirksam. Vgl. Kraftpaarung, Stoffpaarung.

Formschluß $\nearrow$ **Formpaarung**.

FORTH: von C. H. Moore 1969 entwickelte und später von anderen weiterentwickelte Programmiersprache für Echtzeitanwendungen, die als Dialogsprache zur Programmierung von Klein- und Mikrorechnern dient. Sie ist auch für kleine und mittlere IR-Projekte mit autonomer Rechentechnik anwendbar.

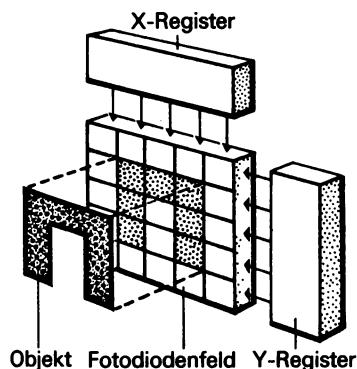
FORTAN [engl., Abk. für *formula translator (language)*]: von J. Backus 1956 entwickelte höhere Programmiersprache zur Beschreibung numerischer Prozesse, von der auch roboterspezifische Programmiersprachen abgeleitet wurden.

Fotodiode: *pn*-Diode, bei der durch Lichteinstrahlung Ladungsträger in der Sperrschicht erzeugt werden.

Fotodiodenarray, Fotodiodenmatrix: flächenhafte Anordnung von vorzugsweise monolithisch integrierten Fotodiodenzeilen, auf denen ein HHO mit Hilfe einer vorgeschalteten Optik zweidimensional abgebildet wird. Das F. wird auch als Matrix-Bildsensor bezeichnet. Die Diodenzeilen werden über ein *X,Y*-Register angesteuert und Zeile für Zeile ausgelesen. Um zweidimensionale Bilder zeilenweise auszuwerten, werden Verfahren zur Mustererkennung angewendet. Vgl. Rezeptor. Abb.

Fotodiodenmatrix $\nearrow$ **Fotodiodenarray**.

Fotosensorik: Gesamtheit der sensortechnischen Mittel und Verfahren bei



Prinzip des Fotodiodenarrays

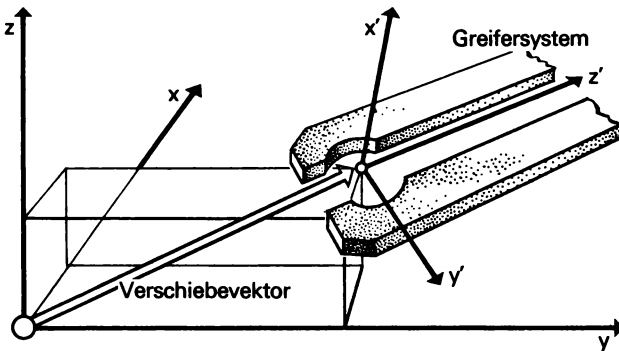
denen Bilder optoelektronisch ausgewertet werden, z. B. Fotodioden, Fotodiodenarrays, CCD-Kameras, TV-Röhren-Kameras.

Fototransistor: Bipolartransistor, bei dem der Strom durch den Kollektorbasisübergang bei Bestrahlung infolge des *inneren Fotoeffekts* vergrößert wird.

Fotowiderstand: Halbleiterbauelement, bei dem sich der Widerstand durch Lichteinfall verringert. Die Empfindlichkeitsbereiche hängen vom verwendeten Material ab.

FPS: Abk. für *frei programmierbare Steuerung*. ↗ Steuerung, frei programmierbare.

Frame, Frame-Konzept [engl.]: eindeutige Beschreibung eines Körpers bezüglich seiner räumlichen Anordnung in einem kartesischen Basiskoordinatensystem bzw. allgemein in einem Bezugskoordinatensystem mittels eines 6-Komponenten-Vektors $(X, Y, Z, \alpha, \beta, \gamma)$. Dieser kann als Verschiebevektor und Rotation aufgefaßt werden. Die Rotationsangaben geben hierbei die Orientierung des Greifers bezüglich der Koordinatenachsen an. Abb.



Positionsbeschreibung mit Frame-Konzept

Frame-Konzept ↗ **Frame**.

Freemann-Ketten: geordnete Folgen von Elementarvektoren, mit denen ebene Kurvenzüge nach einer Quantisierung durch das quadratische Bildraster als geordnete Zahlenfolgen beschreibbar sind. Die F. stellen bezüglich des Rasters eine standardisierte und redundanzfreie Datenbasis für viele Anwendungen der digitalen Bildverarbeitung dar, bei denen Kurvenzüge, z. B. in Strichzeichnungen, Konturen oder Kanten in Grauwertbildern, den relevanten Bildinhalt erschöpfend wiedergeben.

Freiheitsgrad ↗ **Getriebefreiheitsgrad**.

Freiprogrammierbarkeit eines IR: Eigenschaft, mit der solche IR charakterisiert werden, bei denen sämtliche die Handhabeaufgabe beschreibenden Informationen frei wählbar und ohne spezielle Programmierhilfen über das

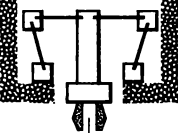
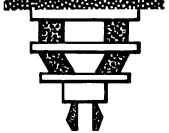
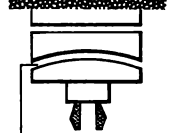
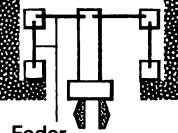
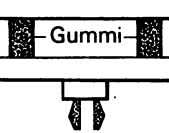
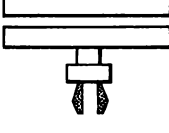
Handhabeprogramm in die Steuerung eingegeben werden können. Vgl. Steuerung, freiprogrammierbare.

Frontmanipulator: hydraulisch angetriebener Manipulator zum Greifen und Abziehen von Rundholz in Holzausformungsanlagen. Durch das Abziehen wirken geringere Kräfte auf das Greiferführungsgetriebe als beim Seitendreh- bzw. Seitenmanipulator. Bei einer Auslegerlänge von 4 bis 10 m bilden der aufgenommene Holzstamm und der Ausleger einen Winkel von 90°. Der Einsatz der F.en erweist sich als zweckmäßig für die Beschikung von Entrindern, Zerspanern u. a.

FTS: Abk. für fahrerloses (führerloses) Transportsystem. Vgl. Flurförderzeug, fahrerloses.

Fügehilfseinrichtung ↗ Fügemechanismus.

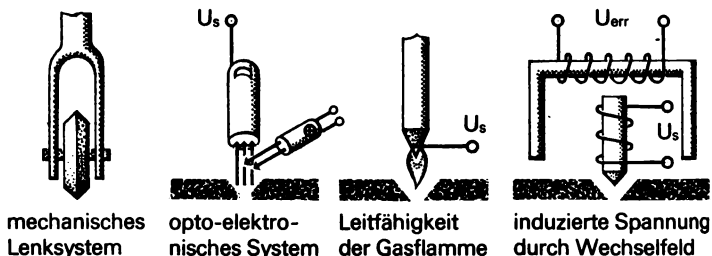
Fügekopf ↗ Fügemechanismus.

S	φ	F	mit Metallfedern	mit Gummifedern	mit starren Elementen
2	3	5	 Greifer		 Kugelkalotte
2	1	3	 Feder	 Gummi	
S Schubausgleich			φ Winkelausgleich		F Freiheitsgrad

Ungesteuerte Fügemechanismen

Fügemechanismus, Fügekopf: Vorrichtung, die beim automatischen Montieren mit einem IR die erforderlichen Feinbewegungen ausführt und bis hinein in den Mikrometerbereich Fluchtungs-, Positionier- und Verdrehfehler ausgleicht. Gesteuerte oder aktive Fügemechanismen arbeiten mit Erkennungssystemen, nach deren Signal spezifische Antriebssysteme in Gang gesetzt werden. Bei ungesteuerten oder passiven Fügemechanismen werden Federelemente aus Stahl oder Elastomeren für einen Ausgleich verwendet (↗ RCC-System) oder starre Glieder mit Gleit- bzw. Wälz Gelenken. Die Fügebewegungen werden durch das bei der Berührung der Montageteile entstehende Kraftfeld erzwungen. Kombinierte Fügemechanismen enthalten sowohl ungesteuerte federnde Elemente als auch Sensoren. Abb.

Fügen: Zusammenbringen von 2 oder mehreren Einzelteilen bzw. Bauele-



Arbeitsprinzipie für Fugensucher (U_{err} = Erregerspannung, U_s = induzierte Spannung)

menten oder Zusammenbringen dieser mit formlosem Stoff. Der Zusammenhalt wird örtlich geschaffen und im ganzen vermehrt. Loses Zusammenlegen und Füllen gehören ebenfalls zum F.

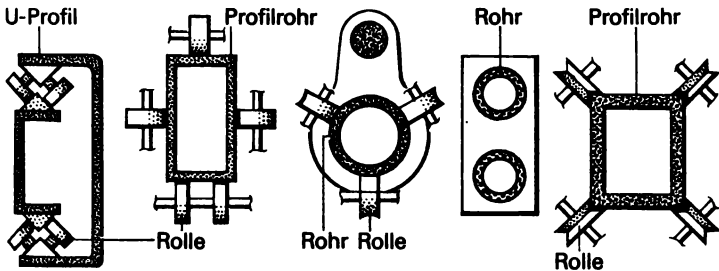
Fugensucher: Positioniersensor, der beim Lichtbogenschweißen größerer Teile unabhängig von deren Bauteil- und Lagetoleranzen den Schweißbrenner genau auf Nahtmitte führt. F. können nach verschiedenen Prinzipien arbeiten. Vgl. Bahnverfolgung. Abb.

Führung: Konstruktionselement, durch das einem beweglichen Maschinenteil die Bahn seiner Bewegung vorgeschrieben wird und das Träger- und Lagerelemente enthält. Bei einem IR ist das Arbeitsorgan durch das F.sgetriebe leichtgängig, spielfrei (geringes, einstellbares Spiel), genau, geräuscharm und verschleißfest zu führen. Der $\nearrow$ Stick-Slip-Effekt darf bei kleinen Verfahrensgeschwindigkeiten nicht auftreten und der Grad der Überbestimmung soll niedrig sein. Die F. muß eine hohe dynamische sowie statische Steife besitzen. In der Abb. werden einige Beispiele für geradlinige Rund- (Zylinder-) und Kasten-F.en gezeigt, wobei immer auch die Verdreh-sicherung des geführten Elements gewährleistet sein muß. Bei Doppel- oder Dreifach-F.en (Mehrfach-F.en) ist diese gegenüber Einfachrund-F.en vom Prinzip gegeben. Die Basis für Schubgelenke sind Gerad-F.en, die die Relativbewegung eines Teils gegenüber einem zweiten längs einer Leitgeraden ermöglichen. Abb. S. 107.

Führungsbewegung: Bewegung eines Körpers, der Bezugssystem für die Relativbewegung eines von ihm geführten Körpers ist. Vgl. Absolutbewegung.

Führungsgetriebe, Führungsmechanismus, Greiferarm, Greiferführung, Greiferführungsgetriebe: maschinenbautechnischer Teil eines Manipulators, der ein Arbeitsorgan auf einer vorgegebenen Bahn bzw. in eine gegebene Lage innerhalb des Arbeitsraums führt. Zum F. gehören Gestell und Bewegungseinheiten, wie Linear-, Verfah- und Dreheinheiten bzw. Drehgelenkarme. Die Bewegungseinheiten werden von elektrischen, hydraulischen oder pneumatischen Antriebselementen in Bewegung gesetzt. Das F. kann in verschiedenen Grundstrukturen konzipiert werden.

Führungsgröße: die Größe, an deren Wert der Wert der gesteuerten Größe angeglichen werden soll. In einem Lageregelkreis ist z. B. der Positions- (Lage-) Sollwert die F. und der Istwert die gesteuerte Größe.



Führung: Beispiele für Geradfürungen

Führungsgrößengenerator: Einrichtung (Interpolator) in z. B. einer IR-Steuerung, die aus Auftragsparametern die gesuchten kinematischen Größen durch Interpolation und anschließende Koordinatentransformation in die konkreten Roboterkoordinaten zur direkten Ansteuerung der Antriebe erzeugt.

Führungsmechanismus → Führungsgetriebe.

Führungssteuerung, Folgesteuerung: automatische Steuerung, bei der die gesteuerte Größe durch eine Führungsgröße eindeutig bestimmt (geführt, nachgeführt) wird. Ein Beispiel ist das Steuern der Schwenkbewegung einer Greiferhand in Abhängigkeit von der Drehachse (C-Achse) eines IR, um für Palettiervorgänge eine konstante, von der einzelnen Palettensollposition unabhängige Greiferorientierung zu erreichen.

Führungsverlagerung: bei einem IR die Verschiebung des Greifers oder allgemein eines Arbeitsorgans durch die Verlagerungen in den Führungen senkrecht zu ihrer Führungsebene. Die F. wird durch das vorhandene Spiel und die auftretenden Verformungen an den Führungselementen unter dem Einfluß von äußeren Kräften hervorgerufen. Sie ist bei Stellung des Arbeitsorgans am größten und Bestandteil der Greiferverlagerung.

Fünffingerhand: 1. → Androidenhand. – 2. → Fingergreifer.

Funktionserprobung: letzte Phase der Einsatzvorbereitung eines IR. Sie erbringt den Nachweis der Überleitungsreife. Die F. umfaßt den Test des Programmträgers, die Erprobung der Parameter des IR hinsichtlich des statischen, dynamischen und kinematischen Verhaltens, die Erreichung der Leistungswerte und des Geräuschverhaltens, die Simulation des technologischen Ablaufs entsprechend dem Weg-Schritt-Diagramm, die Erprobung der Steuerung und der Sicherheitseinrichtungen, die Ermittlung von Störquellen, den Dauertest mit Abnahme, wobei das zugeordnete Werkstücksortiment unter Produktionsbedingungen vorzusehen ist und Zykluszeiten ermittelt werden.

Funktionslogik: programmierbare logische Bedingungen für die Steuerung von Handhabeeinrichtungen, zu denen die Systemverriegelungen, die Diagnose- und die Notprogramme gehören.

Neben dem *Not-Aus* zum unverzüglichen Stillsetzen aller Antriebe muß ein Halteprogramm vorhanden sein, das in Abhängigkeit vom Programmzu-

stand den IR definiert stillsetzt. Anschließend sollte je nach Ursache der Unterbrechung der normale Arbeitszyklus wieder aufgenommen werden können. Die Systemzustände müssen dabei der Steuerung durch das Steuerdatenprogramm mitgeteilt werden. Wenn sich z. B. der Greifarm gerade innerhalb eines Glühofens befindet, muß der Greifer noch aus dem Gefahrenbereich gebracht werden. Für Notprogramme muß die Reaktionszeit der Steuerung sehr kurz sein, da sonst der zurückgelegte Weg in den Drehachsen des IR bei entsprechender Auskrugung des Armes zu groß wird.

Alle logischen Entscheidungen werden von der Steuerung aufgrund von externen oder internen Ereignissen gefällt. Vgl. Ablauflogik.

Funktionsplan ↗ Handhabeplan.

Funktionssteuerung: mitunter benutzte Bezeichnung für den Teil einer IR-Steuerung, in dem Bewegungssteuerung und Prozeßkommunikation (*Aktionssteuerung*) zusammengefaßt sind.

Fuß, künstlicher ↗ Fuß, mechanischer.

Fuß, mechanischer, Fuß, künstlicher: Bestandteil eines Schreitroboters. Er verfügt über ein oder mehrere ↗ Gelenke und ist mitunter an der Fußsohle mit Sensoren ausgestattet, die Signale über den Bodenkontakt abgeben. Mechanische Füße als Prothesen sind mit passiven Gelenken ausgestattet, die das Abrollen des Fußes beim Gehen gestatten.

Fußschreitmaschine: technische Einrichtung, die das Schreiten von Individuen mechanisch nachbildet. In der Abb. wird eine F. mit an λ -förmigen Hebeln angesetzten Beinen gezeigt, wie sie der russische Mathematiker und Mechaniker, Akademiemitglied *P. L. Tschebyschow* (1821 bis 1894), entwickelt hat. Sein *Schreitmechanismus auf Fußsohlen* wurde 1878 auf der Weltausstellung in Paris gezeigt. *Tschebyschow* gilt als der Stammvater der *Bewegungssynthese von Schreitmaschinen*.

G

Gabelgreifer: Greifer mit 2 starren ungesteuerten Fingern auf dem die HHO, z. B. Bildröhren, lediglich aufliegen.

GAB-Nachweis: Abk. für Gesundheits-, Arbeits- und Brandschutz-Nachweis. Der G. muß vor Inbetriebnahme auch für IR-Arbeitsplätze erbracht werden. Für handelsübliche Handhabeinrichtungen ist der Hersteller für den G. verantwortlich. Vgl. Arbeitsraumüberwachung, automatische, Arbeitssicherheit, Gefährdungsfaktoren, Gefährdungsraum, Schutzgüte, Umzäunung.

Gangart: die durch eine unterschiedliche Fußfolge und Geschwindigkeit gekennzeichnete Fortbewegungsart von Schreitmaschinen bzw. -robotern. Bewegungsabläufe beim Pferd wurden 1877 erstmals mittels Fotografie von dem Amerikaner *E. Muybridge* untersucht, der sich später auch mit dem

Gang des Menschen befaßte. Bei einem Vierbeiner sind 6 G.en möglich, bei 6 Beinen existieren bereits 1030 Bewegungsvarianten, wie sowjetische Wissenschaftler bei der Entwicklung kosmischer Schreitmaschinen feststellten.

Geber: nicht einheitlich gebrauchter allgemeiner Begriff für Meßfühler, Aufnehmer, ↗ Sensor.

Geberansteuerung: elektrische Schaltung zur Erzeugung bestimmter Strom- bzw. Spannungs-Zeit-Funktionen für die Ansteuerung von Wegmeßsystemen. Die G. ist z. B. bei ↗ Resolvern und ↗ Inductosynen (2 um 90° phasenverschobene Sinusgrößen) erforderlich. Sie wird i. allg. im IR-Steuer-schrank untergebracht.

Gefährdungsfaktoren: arbeitsbedingte Faktoren, z. B. Lärm, physisch schwere Arbeit, erhöhte Lufttemperatur, Schadstoffe, Arbeiterschwernisse, bewegte Elemente, Versagen von Konstruktionen, die dem Menschen bei seiner Tätigkeit in der Produktion schaden können. Oft treten G. in Kombinationen auf. An IR-Arbeitsplätzen hat der jeweilige Betriebszustand des IR wesentlichen Einfluß auf die Art der Gefährdung. Tab.

Gefährdungsraum: aus Arbeitsraum, Sicherheitsraum und dem vom IR benötigten Raum zum Handhaben oder Durchführen von technologischen Operationen unter Vermeidung von Zusammenstößen bestehender Raum.

Gefährdungen von Personen an Industrieroboterarbeitsplätzen

0 = keine Gefährdung, 1 = Gefährdung, 2 = akute Gefahr

gefährdetes Personal	Betriebszustand	A	B	C	D	E	F	G	H	I
Bediener,	Automatikbetrieb	0	0	0	1	1	0	1	0	1
Programm-	Einrichtebetrieb	1	1	1	2	2	2	2	1	1
mierer,										
Instand-	Instandhaltungs-	0	0	1	0	1	2	1	1	0
halter	betrieb									
Personen an	Automatikbetrieb	0	0	0	1	1	0	1	0	0
Nachbar-	Einrichtebetrieb	0	0	0	1	1	0	1	0	0
arbeits-										
plätzen	Instandhaltungs-	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	betrieb									

Gefährdungsfaktoren: A bewegliche Maschinen und Mechanismen, B bewegliche Teile von Arbeitsmitteln, C in Bewegung befindliche Werkstücke bzw. Materialien, D herabfallende bzw. sich lösende Teile, E Versagen von Konstruktionen, F gefährliche Engen, G plötzliche Druckänderung von Medien, H scharfe Kanten, Grate, raue Flächen, I ungenügende Sichtverhältnisse

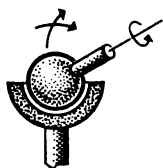
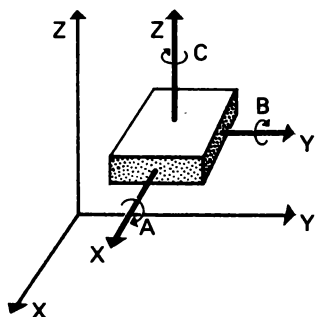
Dabei müssen alle sich mitbewegenden Glieder des Roboters berücksichtigt werden. Existieren feststehende oder determiniert bewegte Hindernisse, so lassen sich diese mitunter durch zusätzliche Programmschritte umfahren. Vgl. Bewegungsraum, Kollisionsraum.

Gefahrenschalter → Hauptschalter.

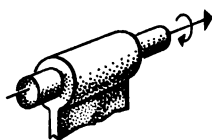
Gegengewicht: 1. → Lastausgleich. – 2. → Federausgleich.

Gelenk: bewegliche Verbindung zweier Glieder, z. B. beim Führungsgetriebe oder Greifer eines IR. Die G. beschränken die freie Beweglichkeit der verbundenen Glieder im Raum; einige G.arten mit unterschiedlichem G.freiheitsgrad zeigt die Abb.

Gelenk, aktives: Gelenke, denen ein Antriebselement, im weitesten Sinne ein Motor, zugeordnet ist. In einer offenen kinematischen Kette (Führungsgetriebe eines IR) muß je Gelenkfreiheitsgrad ein Antrieb vorhanden sein. In geschlossenen kinematischen Ketten kommen auch *passive Gelenke* vor,



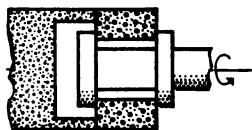
Kugelgelenk



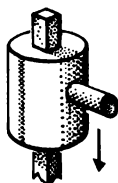
Dreh-/Schubgelenk



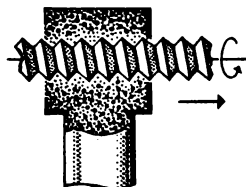
Drehgelenk



Drehgelenk



Schubgelenk



Schraubgelenk

Beispiele für Gelenke

in denen nur Stütz- und Reibkräfte, jedoch keine Arbeit leistenden Antriebskräfte wirken.

Gelenk, passives ↗ Gelenk, aktives.

Gelenkarm ↗ Faltarm.

Gelenkbauweise ↗ Drehgelenkroboter.

Gelenkfinger: Finger, die aus mindestens 3 über Drehgelenke miteinander verbundenen Gliedern bestehen, die über Seilzüge oder Schubstangen einzeln angetrieben werden können. Sie werden für den Bau von Mehrfingergreifern verwendet.

Gelenkfreiheit ↗ Gelenkfreiheitsgrad.

Gelenkfreiheitsgrad, Gelenkfreiheit: Anzahl der Elementarbewegungen (Drehung oder bzw. und Schiebung), die ein Gelenk als bewegliche Verbindung zweier Glieder den Gliedern zueinander gestattet. Der G. ist $1 \leq f \leq 5$ und $f = 6 - u$, wobei u die Anzahl der verhinderten Beweglichkeiten, der Unfreiheiten ist. In Führungsgetrieben für IR beträgt der G. meist $f = 1$. Vgl. Getriebefreiheitsgrad.

Gelenkkoordinaten: auf ein Gelenk des Führungsgetriebes oder Arbeitsorgans eines IR bezogene Koordinaten.

Gelenkkraft: innere Kraft, die an den Berührungsstellen der Getriebeglieder eines Führungsgetriebes, den Gelenkelementen, auftritt. Die Kenntnis der G. ist wichtig für die Dimensionierung der Dreh- und Schubgelenke (↗ Gelenk).

Gelenkroboter ↗ Drehgelenkroboter.

Gelenkspiel: funktionsnotwendiger Zwischenraum zwischen Gelenkelementen in Dreh- und Schubgelenken. Das G. führt zu Abweichungen von den idealen Lagen der Getriebeglieder, stoßartigen Belastungen der Gelenke, Geräuschen und zu großem G. zu vorzeitigem Verschleiß. Größt- und Kleinstwert des G. sind durch entsprechende Passungen der Gelenkelemente festzulegen. Bei Berechnungen kinematischer Abmessungen wird das G. durch *Verlagerungsvektoren* berücksichtigt.

Gelenkunfreiheit: Bewegungssperrungen in Gelenken einer kinematischen Kette. Durch Kopplung eines Körpers mit einem anderen entsteht ein Gelenk, das die Bewegungsmöglichkeiten des Körpers einschränkt, und zwar um mindestens eine, nämlich die in Richtung der gemeinsamen Berührungsnormalen.

Genauigkeit: allgemeine Bezeichnung für die Annäherung von Beurteilungsergebnissen von IR an die exakten oder an die tatsächlichen Werte.

Generation: mögliche Einteilung für das technische Entwicklungsniveau von IR; die Merkmale werden im wesentlichen von der steuerungstechnischen Ausrüstung (IR-Steuerung einschließlich Erkennungs- und Wegmeßsysteme) bestimmt.

1. G.: programmgesteuerte IR, bei denen das Arbeitsregime vollständig und ausschließlich durch das Handhabeprogramm bestimmt wird;

2. G.: programmgesteuerte IR mit Erkennungssystemen, bei denen das Arbeitsregime von den Informationen aus den Erkennungssystemen mitbestimmt wird. Ein Beispiel hierfür ist die Positionskorrektur des Effektors bei festgestellter Positionsabweichung eines zu ergreifenden Werkstücks. Der

erforderliche Korrekturalgorithmus muß in der IR-Steuerung implementiert sein. Dieser wird in Abhängigkeit von dem Signalwert, den das Erkennungssystem an die IR-Steuerung liefert, abgearbeitet (↗ Zustandsgrößenverarbeitung);

3. G.: IR mit künstlicher Intelligenz, bei denen das Arbeitsregime des IR (ganz oder teilweise) in einem Lernprozeß entwickelt wird, wozu es eines Arbeitsauftrages von außen sowie eines sogenannten inneren Umweltmodells (in der Steuerung) bedarf. Es besteht die Eigenschaft einer mehr oder weniger stark ausgeprägten Selbstanpassung an gegebene Situationen, die auch eine Optimierung der Arbeitsweise des IR und möglichst auch eine Reaktionsfähigkeit auf unvorhergesehene Situationen einschließt. Vgl. Steuerung, adaptive.

Generieren, Generierung: in der IR-Technik das Festlegen und Eingeben von Zahlenwerten für Variable als Bestandteil der programmtechnischen Anpassung an einen bestimmten Einsatzfall und bzw. oder an eine bestimmte Handhabaufgabe.

Generierdaten können solche sein, die einmalig bei der Inbetriebnahme eine Rolle spielen, z. B. Anschlußbelegung von Ein- und Ausgängen der Steuerung, Anfahr- und Bremskurven, max. Verfahrensgeschwindigkeiten von Bewegungsachsen. Hier erfolgt das G. bevorzugt über die programmierbare ↗ Maschinensteuerung.

Auch können Generierdaten derart sein, daß sie mit jedem Handhabeprogramm neu generiert werden müssen, z. B. Zeitkonstanten, Merkbits, Zählerinhalte, Sollwerte für die Bewegungsachsen. Das G. kann eine Betriebsart sein.

Generierung ↗ **Generieren**.

Generierungsliste, Generierungstabelle: tabellarische Zusammenstellung von Daten zur Durchführung einer Generierung.

Generierungssoftware: Programmsystem zur Durchführung der Generierung auf dem Generierungsplatz.

Generierungstabelle ↗ **Generierungsliste**.

Geradeninterpolation ↗ **Interpolation**.

Geradföhrungsgetriebe: Koppel- und Räderkoppelgetriebe, die so aufgebaut sind, daß charakteristische Punkte des Getriebes eine Gerade beschreiben. Als G. lassen sich z. B. gleichschenklige zentrische Schubkürbeln, Ketten- und Räderkoppelgetriebe, Pantograf oder Viergelenkgetriebe verwenden. G. werden bei Lastarmmanipulatoren, IR und Schreitmaschinen eingesetzt. Vgl. Faltarm.

Geradschiebung: exakte oder angenähert geradlinige Föhrung eines Objekts, bei der diese zu sich parallel bleibt. Für die G. eignen sich spezielle Föhrungsgetriebe, die ↗ Geradföhrungsgetriebe.

Geräuschpegel: Höhe der Geräuschemission eines IR und der zugehörigen Einrichtungen. Der G. wird als *Schalleistungspegel* angegeben.

Gerotormotor: langsamlaufender spezieller Hydromotor. Die Bezeichnung wurde von generated rotor [engl.] abgeleitet und beschreibt einen Zahnradmechanismus, der den *Verdränger* eines G. bildet und wie ein Planetengetriebe arbeitet. Der Verdränger besteht aus einem feststehenden Ringstück,

dessen Innenverzahnung durch 7 bewegliche Rollen gebildet wird. Ein außenverzahntes Läuferad mit 6 Zähnen ist exzentrisch im Ringstück angeordnet und wälzt auf diesem ab. Eine entsprechende Druckverteilung des zugeführten Fluids auf die Verdrängerkammern und die Zahndifferenz bewirken die Bewegung des Läuferzahnrad.

Gesamtleistung: primär einem IR bei voller Aktion, d. h. bei gleichzeitiger Ausführung aller möglichen Bewegungsabläufe, zugeführte Leistung. Je nach Antriebsart wird zwischen elektrischer, hydraulischer und pneumatischer Leistung unterschieden.

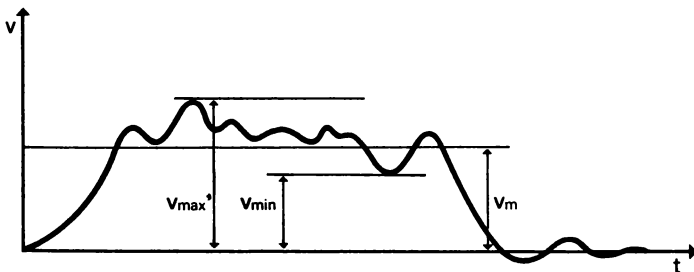
Geschlossenheitsgrad: Kenngröße, die die Anzahl der in einem Fertigungssystem hintereinander ausgeführten Arbeitsgänge zur Gesamtzahl der Arbeitsgänge am Werkstück zum Ausdruck bringt.

Geschwindigkeit: Wegänderung je Zeiteinheit. Entsprechend der verschiedenen möglichen Bezugssysteme treten Absolut-, Relativ- und Führungs-G. auf. Die Soll-G. für eine Bewegungseinheit, die z. B. Bestandteil eines Handhabeprogramms ist, wird als *programmierte G.* bezeichnet.

Geschwindigkeitsregelkreis, Drehzahlregelkreis: den Lageregelkreisen für IR-Bewegungseinheiten häufig unterlagert Regelkreis ($\rightarrow$ Kaskadenregelung), um die Qualität der Achsbewegungen, vor allem die Dynamik, zu verbessern bzw. zu stabilisieren. Die Führungsgröße ist die bewertete Lage-Soll-Ist-Differenz. Den Istwert liefert ein Tachogenerator. Der Einsatz von G.en ist nicht an Lageregelkreise gebunden. Bei Abschaltkreisen ist die Führungsgröße die durch das Programm aufgerufene, gegebenenfalls durch Vorabschaltung reduzierte Verfahrensgeschwindigkeit.

Geschwindigkeitssensor: Sensor, dessen Ausgangssignal eine Information, die durch den Wert des Informationsparameters repräsentiert wird, über die Meßgröße Geschwindigkeit liefert. G.en liefern z. B. die zur Steuerung eines IR erforderlichen Informationen über die Geschwindigkeiten der Armkomponenten ($\rightarrow$ Tachogenerator oder inkrementaler Drehgeber). Erfolgt die Geschwindigkeitsmessung durch zeitliche Ableitung von Positionssollwerten, ist eine zusätzliche Zeitverschiebung zu beachten, da mindestens 2 Positionswerte zur Differenzbildung nötig sind.

Geschwindigkeitsverhalten: Kennzeichnung des Geschwindigkeitsverlaufs vom Start eines IR bis zum Erreichen der Zielposition. Die mittlere Ge-



Geschwindigkeitsverhalten: Geschwindigkeitsprofil bei einem Industrieroboter

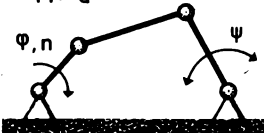
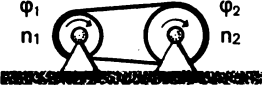
schwindigkeit v_m ist der Quotient aus der zurückgelegten Wegstrecke zwischen Start- und Zielposition und der dazu benötigten Zeit. Die Gleichförmigkeit der Bewegung kann mit dem Verhältnis der mittleren Geschwindigkeit v_m zur max. Geschwindigkeit $v_{\max}$ ausgedrückt werden. Abb.

Geschwindigkeitswahlschalter $\nearrow$ Overrideschalter.

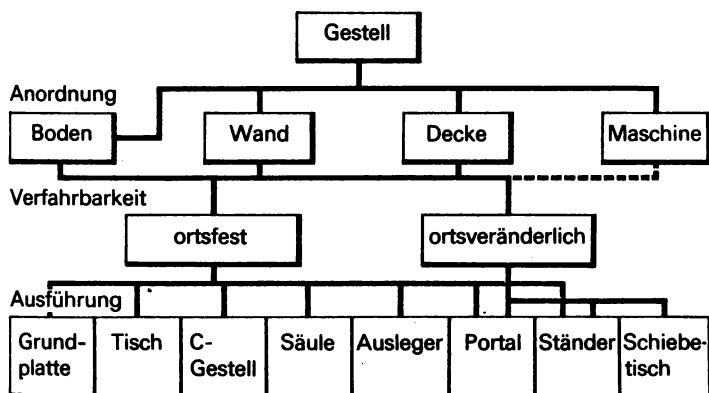
Gestaltung manueller Arbeitstätigkeiten, Abk. GMA: Verfahren der wissenschaftlichen Arbeitsorganisation, mit dessen Hilfe manuelle Prozesse analysiert, beschrieben, bewertet und gestaltet werden können. Dabei werden diese in einzelne Aktionen und Aktionsfolgen zerlegt, die durch die menschlichen Funktionsträger Finger, Hand, Arm, Körper, Auge, Fuß und Bein realisierbar sind. Da IR solche Operationen übernehmen können, lassen sich die Regeln und Verfahren auch als Grundlage für die Gestaltung von IR-Arbeitsplätzen verwenden.

Gestell: tragender und stützender Grundkörper, der das erste Glied des Führungsgetriebes eines IR darstellt. Das G. nimmt Bewegungseinheiten auf und dient zur festen oder beweglichen Verbindung mit dem Boden. Es kann zentrale Antriebe für Bewegungseinheiten enthalten oder auch nur den Antrieb für die erste angeschlossene Linear- oder Dreheinheit. Abb. S. 115.

Getriebe: mechanische Einrichtung zum Übertragen von Bewegungen und Kräften (*Übertragungs-G.*) oder zum Führen von Punkten eines Körpers auf bestimmten Bahnen (*Führungs-G.*). Beim IR werden vor allem platzsparende, gleichmäßig hochübersetzende G., z. B. Well-G., benötigt, aber auch Hebel-G. zur Übertragung von Bewegungen eines zentralen Antriebs zu dezentralen Stellen, z. B. Greifer (*Parallelführungs-G.*) oder für die Erzeugung von Greiferbackenbewegungen. Eine besondere Form ist das Führungs-G. eines IR. Vgl. Koppelgetriebe, Schneckengetriebe, Schraubengetriebe, Umlaufrädergetriebe, Zugmittelgetriebe. Abb.

Übertragung	Beispiele	
ungleichmäßig.	Koppelgetriebe 	Kurvengetriebe 
gleichmäßig	Rädergetriebe 	Zugmittelgetriebe 

Getriebebeispiele



Gestellausführungen

Getriebefreiheitsgrad, Beweglichkeitsgrad, Freiheitsgrad, Laufgrad, Strukturfreiheitsgrad: Anzahl F der in einem Mechanismus voneinander unabhängig veränderbaren Bewegungskoodinaten. Die Anzahl der Glieder n und der Getriebefreiheitsgrad f bzw. die Unfreiheit u der Gelenke bestimmen F als G . der gesamten Struktur. Allgemein gilt $F = 6(n - 1) - \sum u$. Der G . gibt zugleich die Anzahl der Antriebe an, die z. B. bei einem IR für Dreh- und Schubbewegungen notwendig sind, um alle Glieder des Führungsgetriebes gegenüber einem Bezugssystem in eine eindeutige Lagenzuordnung zu bringen.

Getriebegreifer: Klemmgreifer, bei dem die Greifkräfte durch Getriebe übertragen werden. Als Getriebe können z. B. Zahnstange, Schneckenrad- und Spindelgetriebe angewendet werden.

Gießereimanipulator: Master-Slave-Manipulator für größere Masse, der in der Gießerei zum Handhaben von Gußstücken, Gußrauben, aber auch Schleifaggregaten eingesetzt wird. Neben der Handhabung von Gußstücken beim Ausleerprozeß mechanisierter und automatisierter Formanlagen wird der G. auch zur Beschickung von Hängeförderern, Putzmaschinen sowie zur Handhabung von Formen, Kernen und Modellplatten verwendet. Der Greifer ist an das jeweilige Gußsortiment angepaßt.

Gleichstromstellmotor: dynamisch hochwertiger, permanenterregter Gleichstromelektromotor. In Verbindung mit entsprechenden Antriebsstellern lassen sich folgende hochwertige Eigenschaften prinzipiell verwirklichen: praktisch verzögerungsfreies Reagieren auf Steuersignale aus der Bewegungssteuerung (Reaktionsschnelligkeit), gute Rundlaufeigenschaften, großer Drehzahlstellbereich (Verhältnis der kleinsten zur größten Drehzahl bis etwa 1:5000), freie Wahl des Drehzahlsollwertes innerhalb des Drehzahlstellbereichs und kurzzeitige hohe Überlastbarkeit.

G.en werden in folgenden Ausführungen angeboten: 1. Schlankankermotoren mit kleinem Verhältnis von Durchmesser zu Rotorlänge und Nennlei-

stungen von 0,01 bis 3,2 kW. Sie sind eisenbehaftet und bei kleinen Drehzahlen ist ohne Zusatzmaßnahmen (im Antriebssteller) kein Rundlauf mehr möglich.

2. Scheibenläufermotoren mit Nennleistungen von 15 W bis 5 kW. Das abgegebene Drehmoment ist unabhängig vom Drehwinkel. Er ist wegen guter Wärmeableitung bis etwa 10fach kurzzeitig überlastbar.

3. Glockenläufermotoren erreichen Nennleistungen von 0,1 bis 40 W. Der Einsatz ist nur für kleine Antriebsleistungen möglich.

Zur Erreichung günstiger Geschwindigkeiten der IR-Bewegungseinheiten ist meist ein hochübersetzendes Getriebe ($i \geq 80$) erforderlich. Dadurch wird häufig Selbsthemmung der Bewegungseinheiten im ausgeschalteten Zustand, d. h. auch bei Ausfall der Versorgungsenergie, erreicht. Dieser Umstand ist i. allg. vorteilhaft.

Gleitbahnmagazin: Werkstückspeicher, gelegentlich auch Weitergabereinrichtung, bei dem geordnete gleitfähige Werkstücke auf einer geeigneten Bahn infolge der Schwerkraft einem Zuteiler zugeführt werden. Vgl. Magazin.

Gleitfähigkeit: Eigenschaft von Werkstücken, auf ebenen Flächen zu gleiten. Der Reibbeiwert μ und Kippen in Gleitrichtung wirken sich auf die G. bedeutend aus.

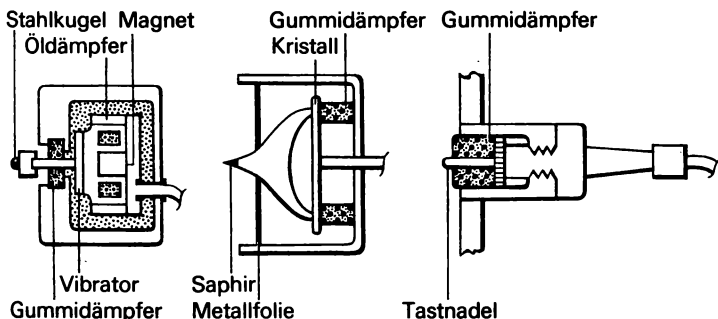
Gleitführung: Führung, bei der dem Profil einander angepaßte Flächen aufeinander gleiten. Das Reibungsverhalten wird vom vorhandenen Schmierstoff beeinflusst. Es werden auch Gleitbeläge mit selbstschmierenden Eigenschaften eingesetzt. Spielfreiheit kann erreicht werden, wenn vorgespannte Wälzelemente (Wälzföhrung) verwendet werden.

Gleitmontageprinzip $\nearrow$ Montagelinie.

Gleitsensor, Rutschsensor: taktiler Sensor, dessen Ausgangssignal eine Information, die durch den Wert des Informationsparameters repräsentiert wird, über die Relativbewegung zwischen einem Objekt und dem Sensor liefert. G.en werden z. B. in die Greifflächen von Greifern eingebaut, um ein sicheres sowie gefühlvolles Greifen schwerer, leicht verformbarer bzw. zerbrechlicher Objekte zu ermöglichen. Die Bewegung des Werkstücks nach Erfassung durch die Greiferfinger wird gemessen und danach die Dosierung der Greifkraft vorgenommen. G. werden meist als Rollsensoren mit beweglichen Zylindern oder Kugeln ausgeführt, wobei letztere auch die Rutschrichtung erfassen können. G.en mit Kugeln arbeiten nach dem Track-Ball-Prinzip, bei dem meist 2 Potentiometer oder 2 Fotosensoren die Verdrehung der Kugel in 2 orthogonalen Richtungen erfassen. Ihre miniaturisierte und zugleich robuste Ausführung ist schwierig. Bei kleinen G.en mit elastisch gelagerten Zylindern wird im Fall des Gleitens die Drehbewegung über ein Potentiometer oder über einen kleinen inkrementalen Geber, der vorzugsweise optoelektronisch wirkt, erfaßt. Zum Aufbau von G.en sind auch noch andere physikalische Wirkungen nutzbar. Abb. S. 117.

GMA: Abk. für Gestaltung manueller Arbeitstätigkeiten.

Golem [hebr., Erdkeim, ungestaltetes Klümpchen]: künstlicher Mensch; legendäre menschenähnliche Tonfigur, die auf talmudische Zeugnisse zurückgeht und durch den Rabbi *Jehuda Löw* (1512 bis 1609) um 1580 in Prag



Beispiele für Gleitsensoren

zum Leben erweckt worden sein soll. Sein geheimnisvoller „Untergang“ soll in das Jahr 1593 fallen. Über die Geschichte vom G. zu Prag gibt es viele Bücher, Sagen und Schauspiele.

In seinem Roman „Der Golem“ (1915) schreibt der österreichische Schriftsteller Gustav Meyrink (1864 bis 1932): „Nach verlorengegangenen Vorschriften der Kabbala soll ein Rabbiner da einen künstlichen Menschen – den sogenannten Golem – verfertigt haben, damit er ihm als Diener helfe die Glocken in der Synagoge läuten und allerhand grobe Arbeit tue. Es sei aber doch kein richtiger Mensch daraus geworden, und ein dumpfes, halb-bewußtes Vegetieren habe ihn belebt. Wie es heißt, auch das nur tagsüber und kraft des Einflusses eines magischen Zettels, der ihm hinter den Zähnen stak und die freien siderischen Kräfte des Weltalls herabzog.“

Golem, bionischer: nichtausführbares spekulatives Projekt für ein künstliches Wesen, das aus natürlich gewachsenen „Bestandteilen“ zusammengesetzt wurde, z. B. mit einer Kombination von Fledermausohr, Hundennase, Komplexauge der Honigbiene, Adlerauge, Schmetterlingsfühlern und den Elektrorezeptoren des Zitteraals.

Grauwert: Intensitätsmaß für das Bildelement, d. h. den Bildpunkt, eines G.bildes, dargestellt als Pegelwert innerhalb eines Pegelbereichs, dessen Grenzen die Werte *schwarz* bzw. *weiß* zugeordnet werden.

Grauwertbild: Abbildung einer Szene bzw. eines Objekts mit n Stufen ($n > 2$) von Grauwerten. Gegenüber einem Binärbild ist der Informationsverarbeitungsumfang und -aufwand beim G. wesentlich größer. Üblich sind G.er mit 16 bis 256 Grauwerten. G.er sind für die Erkennung räumlicher Objekte, für die Inspektion von Prozeßabläufen und für die Qualitätskontrolle, z. B. für die Oberflächenprüfung galvanisierter Teile, von Bedeutung.

Grauwertkamera: optisch-elektronische Bildaufnahmeeinrichtung (Sensor-system) für die Gewinnung von Grauwertbildern von Szenen bzw. Objekten.

Grauwertpixel ↗ Pixel.

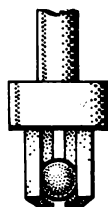
Gravitationssensor: Sensor, der über einen auf die irdische Schwerkraft re-

agierenden Wirkmechanismus Informationen über Lageänderungen von Objekten gegenüber der Richtung der Schwerkraft liefert. G.en werden z. B. zur Lagestabilisierung von Schreitmaschinen oder von anderen, gegen Kippen zu schützenden Objekten eingesetzt.

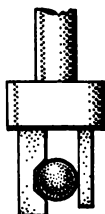
Gray-Kode: spezieller Binärkode zur Darstellung von Zahlwertinformationen, der dadurch gekennzeichnet ist, daß sich die Kodierung für benachbarte Zahlenwerte in genau einem Bit unterscheidet. Er eignet sich gut bei IR zur Meßwerterfassung für Wege und Winkel (Darstellung auf Kodendrehgebern), da einerseits spezielle Abtastanordnungen zur Feststellung der Eindeutigkeit bei gleichzeitiger Änderung in mehreren Bit entfallen. Andererseits kann, wie beim Dualkode, ein max. Auflösungsvermögen bezogen auf die Spurenanzahl der Geberscheibe erreicht werden. Damit wird der G. der Forderung nach möglichst geringen konstruktiven Abmessungen des Meßwertgebers gerecht. Eine rechnerische Verarbeitung ist erst nach Konvertierung z. B. in den $\nearrow$ Dualkode oder $\nearrow$ BCD-Kode in der Meßwertaufbereitung möglich.

Greifbarkeit: Eigenschaft eines HHO, sich durch Greifen aufnehmen zu lassen. Dazu sind durch einen Greifer zugängliche definierte Griffstellen und eine Mindeststeifigkeit des Objekts nötig. Die G. wird durch Anzahl, Abmessung und Lage von Formelementen, Schwerpunktlage des Greifobjekts sowie den Eigenschaften des Objekts, z. B. Temperatur, besonders aber durch den Oberflächenzustand beeinflußt.

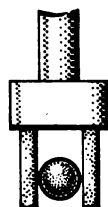
Greifbereich: Bereich eines Greifers, in dem die Abmessungen eines zu haltenden Objekts liegen dürfen. Er ergibt sich als Differenz zwischen min. bis max. möglicher Greifweite. Eine Erweiterung des G. ist durch den Aus-



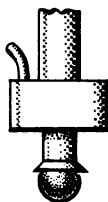
reines Umschließen



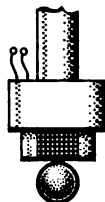
Umschließen und Klemmen



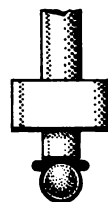
reines Klemmen



Halten mit Saugluft



Halten mit Magnetkraft



Halten durch Haftschrift

Verschiedene Arten des Greifens

tausch von Fingern oder des ganzen Greifers möglich, aber auch durch Verstellung des Arbeitspunkts, der Finger oder der Greifflächen.

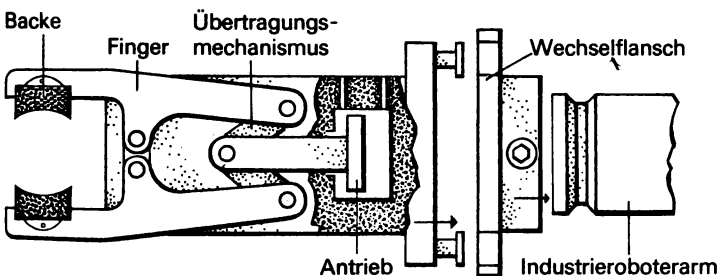
Greifbereichsgrad: Kenngröße, die eine quantitative Aussage über die zulässige Variation der HHO bezüglich der geometrischen Form gibt. Der G. ist der Quotient aus dem Arbeitsbereich des Greifers und dem Durchmesserbereich der Greifteilefamilie. Für flexible Greifer wird ein $G. = 1$ gefordert.

Greifeinheit: Baugruppe eines Greifers, die das HHO mittels Greiforgan aufnimmt, lagesichert und freigibt.

Greifen: Grundbewegung, die ausgeführt werden muß, um mit Greiforganen ein HHO erfassen und anschließend halten zu können. Das G. kann durch Formpaarung (*Umschließen*), Kraftpaarung (*Klemmen*), Stoffpaarung (*Adhäsionskräfte*) oder Kombinationen daraus (*teilweises Klemmen*) erfolgen. Auch das Aufnehmen mit Saug- bzw. Magnetkraft wird in der Handhabetechnik als G. bezeichnet. Abb. S. 119.

Greifer: von einem Führungsgetriebe geführter Teil einer Handhabeinrichtung, der mit einem HHO in Berührung kommt und die Elementaroperationen Greifen, Halten und Ablegen ausführt. Entsprechend der Funktionsteilung innerhalb des Handhabeprozesses werden der Handhabeinrichtung dann die Funktionen Ortsveränderung und Positionierung zugeordnet.

Zur Erfüllung des Greifens sind krafterzeugende Elemente erforderlich, um zwischen G. und Objekt einen unmittelbaren Kontakt zu erreichen. Je nach Ausführung der G. werden sie in Zangen-, Finger-, Saug- und Magnet-G. unterschieden. Doppel-G. dienen zum gleichzeitigen Handhaben von Roh- und Fertigteil. G. werden durch ihre Abmessung und Masse, Greifbereich, Greifkraft und Greifzeit charakterisiert. G. können eine zentrierende, ausrichtende, fixierende oder korrigierende Wirkung haben. Bei der Auslegung von G. sind folgende Erfordernisse zu beachten: vorübergehendes Aufrechterhalten einer auf die Gachsen bezogenen definierten Zuordnung von Werkstück und G., Aufnahme äußerer Kräfte und Momente, die im Zusammenhang mit einer Bewegung auftreten und Aufnahme prozeßbedingter Kräfte, wie Anpreß- und Fügekräfte. Mit sphärisch gelagertem G. können Fluchtungsfehler ausgeglichen werden. Abb.



Aufbau eines mechanischen Greifers

Greifer, flexibler: Greifer, dessen Wirksystem so selbstanpassungsfähig ist, daß es für ein breites Spektrum von Handhabeaufgaben geeignet ist. Der Anpassungsprozeß sollte möglichst reproduzierbar erfolgen, damit die Position und die Orientierung des HHO bezogen auf die Greiferachsen eindeutig definiert bleiben.

Bezieht man die Flexibilität auf die Fähigkeit, geometrisch unterschiedliche Objekte zu handhaben, so sind folgende Lösungen möglich: Einzelgreifer mit großem Spannbereich für HHO mit ähnlicher Greifzonengeometrie, Einzelgreifer mit Austauschbacken, Mehrfachgreifer, Einzelgreifer in Verbindung mit Greiferwechselsystemen, Greifer mit großem Spannbereich und adaptiven Greifelementen. Vgl. Fingergreifer, Magnetpulvergreifer, Omnigripper, Revolvergreifer, Softgreifer, Vakuumgranulatgreifer.

Greiferachse: Bewegungsmöglichkeit eines Greifers, um HHO in geforderte Lagen zu drehen sowie kleine translatorische Bewegungen auszuführen. Öffnen und Schließen der Greiferbacken werden nicht zu den G. gerechnet. Die G. werden unterschiedlich benannt. Vgl. Achsenbezeichnung. Abb. S. 121.

Greiferanschlußflansch: Anschlußfläche mit vereinheitlichten Anschlußbedingungen an Arm und Handgelenk eines IR für die sichere Befestigung und das Wechseln eines Greifers oder einer Halteeinrichtung für ein Bearbeitungswerkzeug. Um die Greifer austauschen zu können, müssen Lochbilder, Gewinde und Zentrierdurchmesser für die Befestigung sowie die Koppelstellen für die Energie- und evtl. Informationsübertragung größenge-stuft aufeinander abgestimmt sein. Vgl. Greiferwechseleinrichtung.

Greiferantrieb: Antrieb zur Erzeugung einer Translations- oder Rotationsbewegung zum Schließen bzw. Öffnen von Greiferbacken. Häufig werden dazu pneumatische Arbeitszylinder verwendet. Hydraulische G. kommen infrage, wenn große Greifkräfte erzeugt werden sollen. Die Anwendung von Elektromotoren und Zugmagneten wird ebenfalls praktiziert.

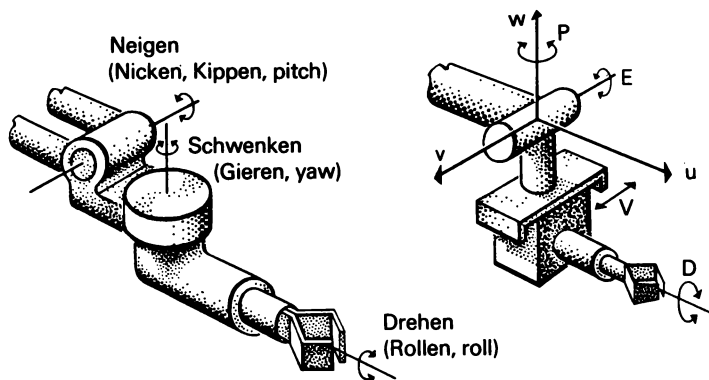
Greiferbacken: Bestandteile eines Greifers, die meist auswechselbar als Formelement am Greiffinger befestigt sind und vor allem über Kraft- und bzw. oder Formpaarung HHO halten. Die Wirkpaarung zwischen G. und Objekt kann auf verschiedene Art realisiert werden.

Greiferbackensystem: Menge manuell oder automatisch auswechselbarer Greiferbacken, mit der die Anpassung an unterschiedliche Werkstückformen und Greifaufgaben möglich ist.

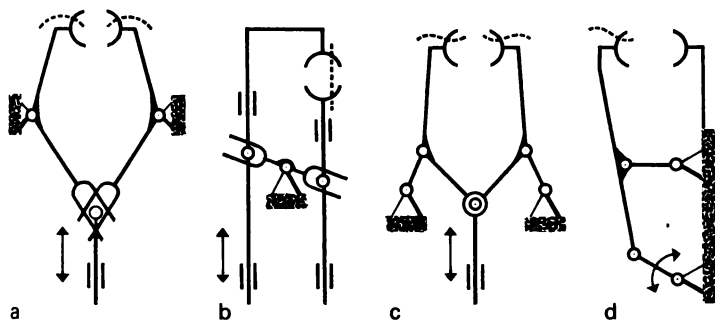
Greiferbackenwechsel: manueller oder automatischer Austausch von Greiferbacken. Mit dem G. werden die erhöhten Anforderungen an das Greifen sehr unterschiedlicher Teile in flexiblen Fertigungszellen bewältigt. Der automatische G. ist jedoch sehr kostenaufwendig, so daß vorrangig der manuelle Greiferwechsel angewendet wird.

Greiferbauform ↗ Greiferstruktur.

Greiferflexibilität: Anpaßfähigkeit eines Greifers bezüglich des zu greifenden HHO, der Handhabeaufgabe und der Peripherie. Objektbezogene Flexibilitätsbedingungen sind Form, Abmessung, Masse, Werkstoff, Empfindlichkeit, Oberflächenrauigkeit und Standsicherheit. Aufgabenbezogen müssen die Greiferbeweglichkeit und die Programmierung der Greiferachsen oder der Finger gegeben sein.



Greiferachse: Bezeichnung von Greiferbewegungen



Greiferkinematik: Kinematischer Aufbau von Greifern; *a* bogenförmig schließend, *b* geradlinig schließend, *c* annähernd geradlinig schließend, *d* krummlinig schließend

Die Anpassung an HHO kann z. B. auch durch Abformbacken oder Lamellenpaketgreifer erfolgen.

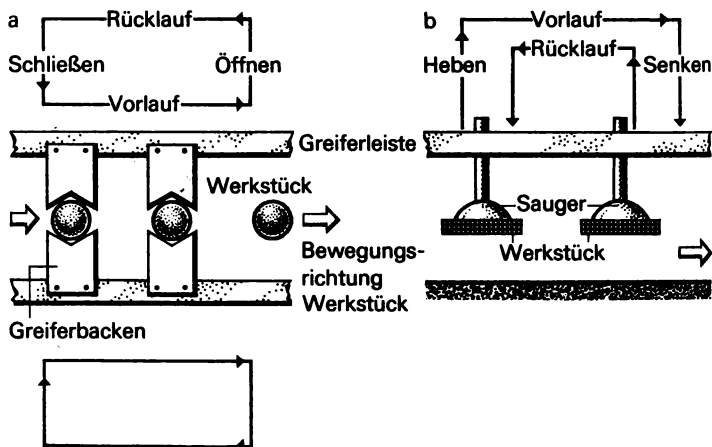
Greiferführung → Führungsgetriebe.

Greiferführungsgetriebe → Führungsgetriebe.

Greiferhand: kompletter Greifer einschließlich installierter Handgelenkachsen für das Drehen, Neigen oder auch Schieben der G.

Greiferkinematik: Art der Bewegung von Greiferbacken. Für die Umwandlung einer linearen oder rotatorischen Antriebsbewegung in eine Backenbewegung steht eine Vielzahl von technischen Lösungen zur Verfügung. Sie können nach dem Verlauf des Übersetzungsverhältnisses und der Backenbewegung eingeteilt werden. Abb.

Greiferkoordinatensystem: im allgemeinen ein kartesisches Koordinatensystem, das als Bezugssystem für die Orientierung eines Arbeitsorgans im



Greiferleiste für Transfergreifereinrichtungen: a mit Klemmbacken, b mit Sauger

Raum verwendet wird. Es bildet die Grundlage für die Bezeichnung der Nebenachsen und Bewegungsrichtungen.

Greiferleiste: aktives, die eigentlichen Greiferbacken (Prismen, Sauger) tragendes Element in Transfergreifereinrichtungen, die als prozessspezifische IR für die Verkettung von Pressen bzw. den Betrieb von Stufenformautomaten gelten können. Es gibt Einrichtungen, die mit einer G. auskommen und auch solche mit zwei G. Abb.

Greifermagazin: Speicher für das geordnete genaue Bereithalten von Greifern für den automatischen Greiferwechsel. Speicherplätze oder Greifer müssen kodierbar sein. Üblich sind feststehende oder bewegliche G. als Scheibenspeicher oder Linienmagazin.

Greifermasse, zulässige: Masse m_G , die ein Greifer höchstens haben darf und die sich aus der Beziehung $m_G = (\text{Tragfähigkeit/Sicherheit}) - \text{max. Werkstückmasse}$ ergibt, wenn das vom HHO und Greifer auf den IR-Arm ausgeübte Moment vernachlässigt wird.

Greiferpflichtenheft: Zusammenstellung aller bei der Entwicklung eines Greifers zu beachtenden Anforderungen. Das G. enthält

- Angaben zum Werkstück, z. B. Abmessungen, Toleranzen, Masse, Schwerpunkt, Lage, Werkstoff, -eigenschaften, Oberfläche und zulässige Beanspruchung,
- Informationen über die Entnahme- und Eingabeeinrichtung wie Position und Orientierung der Werkstücke im Greifer, Freiräume um die Werkstücke, Lage und Abmessung des Bewegungsraums, zulässige und erforderliche Kräfte und Momente beim Fügen in der Entnahme- und Eingabeeinrichtung,

- Informationen über den IR, an den der Greifer angebaut werden soll, wie Kinematik, Arbeitsraum, Beschleunigung, Tragfähigkeit des IR, verfügbarer Greiferantrieb sowie Steuerungsinformationen, Abmessung des Anschlußflanschs,
- Informationen über einzuhaltende Richtlinien, wie vorgegebene Bauform, zulässige Kosten, Sicherheitszuschläge, Not-Aus-Verhalten,
- Informationen zum Bewegungsablauf, wie Ablaufdiagramm, zulässige Schließ- und Öffnungszeiten, zulässige Umstellzeit und sonstige Forderungen, wie zulässige Greifermasse, Griffflächen am Werkstück, Greifweite, Backenbewegung und Schließkräfte.

Greiferprogramm: Teil des Handhabeprogramms, das die Greif- und die Greiferbewegung im Bewegungsablauf des Roboters festlegt. Es können auch weitere Greiferoperationen, z. B. beim Montieren, gesteuert werden. G. können als eigenständige Programme oder als Unterprogramme besondere Bedeutung bei Greifern mit anspruchsvoller Beweglichkeit erhalten, z. B. flexible Greifer.

Greiferschnittstelle: Kopplungsstelle (Anschluß-, Trennstelle), an der benachbarte Systembestandteile miteinander verbunden sind bzw. das Gesamtsystem mit seiner Umwelt verbunden ist, z. B. IR-Grundgerät mit der Peripherie oder mit einem Arbeitsorgan. G. mit der Peripherie sind informationeller Natur. Für den Signal- und Datenverkehr über sogenannte Verkettungsein- und -ausgänge sollen eindeutig definierte und standardisierte G. vorhanden sein (↗ Interface). Die G. zwischen IR und Arbeitsorgan schließt auch energetische Kopplungen und geometrische Übereinstimmung ein.

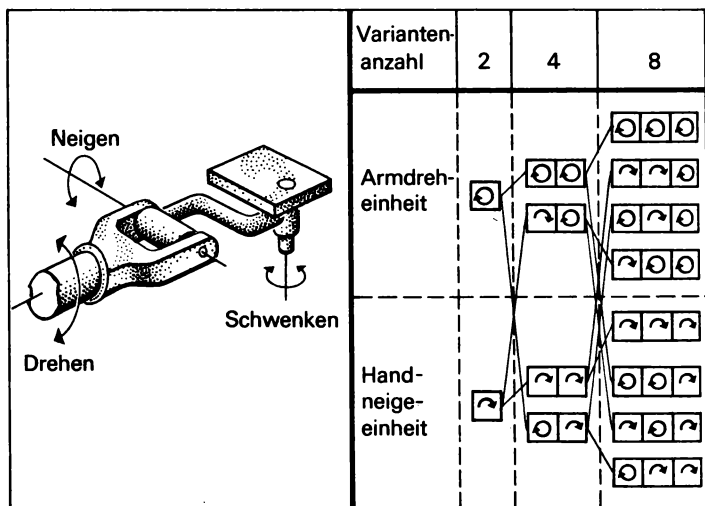
Greifersensorik: Gesamtheit sensortechnischer Ausstattung des Greifers eines IR zur Analyse der Wechselwirkungen zwischen Effektor und HHO bzw. Elementen der Umgebung. Die G. in IR der 2. Generation kann z. B. für folgende Aufgaben zuständig sein:

Steuerung von Feinbewegungen (*Näherungssensoren*), Feststellen der Werkstückanwesenheit, Erkennen von Konfiguration und Größe eines HHO, Bestimmung des Massenschwerpunkts homogener Teile, Bestimmung optimaler Kraftangriffspunkte, maßbezogenes Greiferöffnen, greifkraftabhängiges Abschalten des Greiferantriebs beim Greiferschließen, Feststellen des Entgleitens von Werkstücken beim Bewegungsvorgang und Einleitung operativer Greifkraftkorrekturen, Überwachung des Arbeitsablaufs, Korrektur der Effektorbahn, Messen und Gütekontrolle im Greifer, Erkennen von Havariesituationen.

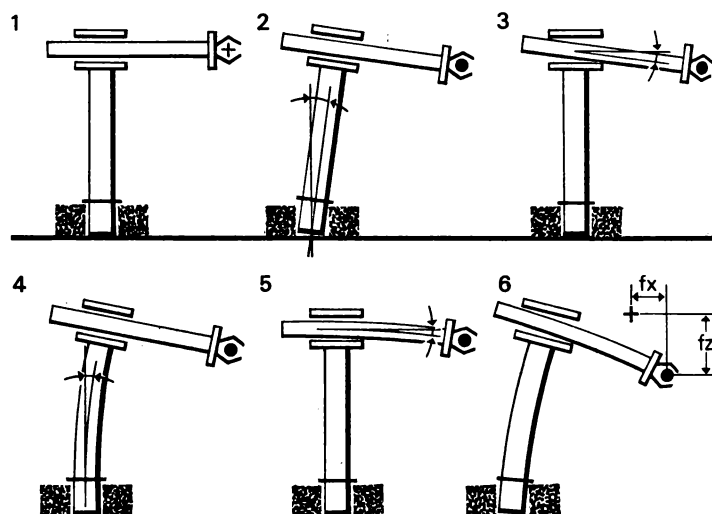
Greiferspannweite ↗ Greifweite.

Greiferstruktur, Greiferbauform: Anordnung und Kombination von Baueinheiten zum Drehen, Kippen und Schwenken, evtl. auch Schieben der Greifeinheit. Die G. soll der geforderten Handhabeaufgabe möglichst optimal anpaßbar sein. In Abhängigkeit von den Einsatzbedingungen haben sich 2 prinzipielle Bauformen herausgebildet, ↗ Kompaktgreifer und ↗ Baukastengreifer. Abb. S. 124.

Greifersystem: Gesamtheit der zu einem automatischen Greifer als gesteuertem Bewegungssystem gehörenden Ausrüstungen. Dazu gehören



Greiferstruktur: Anordnungsvarianten von Greiferachsen



Greiferverlagerung durch äußere Belastungen: 1 unbelastet, 2 Verlagerung durch Drehlagerspiel, 3 Verlagerung durch Schublagerspiel, 4 Säulenabbeugung, 5 Armbiegung, 6 Gesamtverlagerung; f_x , f_z Verlagerung in Richtung der x- und z-Achse

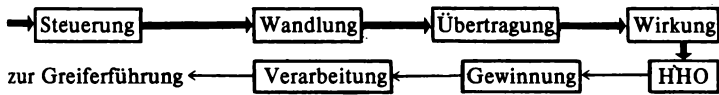
Wirkelemente, Energiewandler, Übertragungs-, Steuer-, Sensor- und Signalverarbeitungselemente.

G. lassen sich nach der Art der Übertragungsenergie und nach der Wirkflächenausführung in Greifer mit starren Fingern, mit elastischen Fingern, mit beweglichen Fingern, pneumatische Greifer mit Saug- oder Druckelementen, magnetische Greifer und Greifer mit Sensoren einteilen. Am häufigsten werden G. mit starren Fingern verwendet. Tab.

Greifertechnik: Gesamtheit der materiellen Mittel und Verfahren, die dem Herstellen einer zeitweiligen Kopplung zwischen einem HHO und einem Führungsgetriebe zum Zweck einer Ortsveränderung des Objekts dienen.

Greiferverlagerung: räumliche Gesamtverschiebung des Greifers eines IR unter der Einwirkung von statischen Kräften. Sie resultiert aus den Einzelverlagerungen der Bauelemente des IR. In der Abb. setzt sich die G. aus 6 Verlagerungsanteilen zusammen, die eine Horizontal- und eine Vertikalverschiebung des Greifers oder allgemein des Arbeitsorgans sowie eine Schrägstellung der Greiferachse zur Folge haben. Abb. S. 124.

Funktionsablauf bei einem Greifersystem (⇒ Energiefluß, → Informationsfluß)



Greiferwechselsystem: Gesamtheit der zum automatischen Greiferwechsel erforderlichen Einrichtungen. Dazu gehören die Steuerung (Sensoren, Logik, Aktoren), die Greiferwechseleinrichtung (Halte-, Zentrier-, Trenn-, Koppelemente, Träger, Adapter) und das Greifermagazin (Aufnahme, Träger, Übergabeeinheit).

Greiferwechsel: manueller oder automatischer Austausch eines Greifers an einem IR. Voraussetzung ist eine solche Gestaltung der Schnittstelle, die ein rasches, sicheres und genaues Herstellen der mechanischen, energetischen und informationellen Kopplungen gewährleistet.

Greiferwechseleinrichtung: Vorrichtung zum zeitgünstigsten automatischen Austausch von Arbeitsorganen, z. B. Greifer oder Werkzeuge. Diese werden dazu selbständig aus einem Magazin entnommen, angelegt und nach Gebrauch wieder zurückgebracht. Eine G. wird notwendig, wenn das Handhaben sehr unterschiedlicher Werkstücke bzw. Werkzeuge oder das abwechselnde Handhaben von Werkstücken oder Werkzeugen durch einen IR zu erfüllen sind. Konstruktiv anspruchsvoll ist die Gestaltung der Schnittstelle zwischen Roboterarm und Arbeitsorgan. Sie hat die Lagefixierung, Kraft-(Momenten-) Übertragung, Energieweiterleitung und Signalübertragung zu gewährleisten. Vgl. Greiferanschlußflansch.

Greiferwirkfläche: Fläche an Greifgliedern, mit der der Kontakt zum HHO hergestellt wird. Bei flexiblen Greifern muß sich die G. dem HHO anpassen können. Der Anpassungsprozeß sollte möglichst reproduzierbar erfolgen,

damit die Position und Orientierung des Objekts, bezogen auf die Greiferachsen, eindeutig definiert bleiben. Wirkprinzipie für flexible G. können adhäsive, elastische, plastische, umformbare, verschiebbare und verstellbare Elemente enthalten. Vgl. Abformbacken, Lamellenpaketgreifer.

Greiffinger $\nearrow$ Finger.

Greiffläche: Berührungsfläche an einem Greifer, die durch den unmittelbaren Kontakt mit dem HHO entsteht und über die die Greifkraft direkt in das Objekt eingeleitet wird. Die G. stellt den aktiven Teil innerhalb des Wirkpaares Greiferkontaktfläche/Objektkontaktfläche dar. Vgl. Grifffläche.

Greiffreiheit: freier Raum, der beim ungehinderten Zugriff durch einen Greifer in Abhängigkeit von der Baugröße des Greifers, der Greiferbacken und der Öffnungsweite des Greifers erforderlich ist.

Greifgenauigkeit: größte Abweichung des Schließzentrums (Greifzentrum) eines Mehrbackengreifers von der Geraden, die senkrecht zu den Greiferwirkflächen der Backen verläuft, wenn diese parallel zueinander stehen und ein Objekt halten. Für G. sollte besser der Begriff *Greiffehler* verwendet werden. Vgl. Positioniergenauigkeit.

Greifkopf: Teil eines Roboters zur Werkstückhandhabung. Zum G. gehören der Greifer, der gegebenenfalls auch mit Sensoren ausgestattet sein kann, das Wechselsystem zur Aufnahme verschiedener Greifer oder Greiferfinger und Ausgleichseinheiten.

Greifkraft: Kraft, die ein Greifer senkrecht auf die Oberfläche eines Objekts ausübt und durch die ungewolltes Lösen oder relatives Verschieben der gepaarten Elemente verhindert wird. Sie wird sehr wesentlich durch Form und Reibbeiwert zwischen Greiffläche und HHO sowie Masse des Objekts bestimmt. G. und G.verlauf sind Funktionseigenschaften, die die Sicherheit und Zuverlässigkeit beim Bewegen bestimmen. In Abhängigkeit vom Aufbau des Greifers und vom Greifbereich kann die G. unterschiedliche Größen annehmen, was mit einer *G.-Greifweite-Kennlinie*, die die G. über die Öffnungsweite angibt, charakterisiert werden kann. Die erforderliche G. bzw. Haltekraft ist während eines Bewegungszyklusses des IR nicht konstant, sondern stellt eine G.kennlinie dar.

Greifkraftbegrenzung: Begrenzung der bei einem Greifvorgang auftretenden Kraft auf einen vorgegebenen Grenzwert mit Hilfe technischer Einrichtungen, z. B. Federn, Drosselventile bei hydraulischem Antrieb.

Greifkraftkennlinie: grafische Darstellung der erforderlichen Greifkraft (*Haltekraft*) in Abhängigkeit vom technologisch erforderlichen Bewegungsablauf eines IR. Mit der G. läßt sich auf einfache Art die Greifsicherheit für alle Bewegungsphasen für einen ausgewählten Greifer bestimmen – auch wenn mehrere Roboterachsen gleichzeitig verstellt werden – indem der vorhandenen Greifkraft die erforderliche Greifkraft gegenübergestellt wird. Objekte, bei denen aufgrund ihrer Gestalt und Lage im Greifer erhebliche Momentenwirkungen zu erwarten sind, müssen in die Berechnung der G. einbezogen werden. Aus der Berechnung resultieren einerseits die Momentenwirkung des Greifobjekts infolge des Objektdralls und der Nichtidentität des Greifmittelpunkts mit dem Objektschwerpunkt und andererseits jede vorliegende Antriebskombination als Fall extremer Belastung des Greifers.

Greifkraftkriterium: Sicherheit gegen ein evtl. Entgleiten eines HHO aus einem Greifer während einer Handhabeoperation. Seine Größe F_G wird durch die Ungleichung

$$F_G \geq \frac{1}{\mu} [F_S \cos(F_S, N) + F_T \cos(F_T, N)]_{\max}$$

ausgedrückt, wobei gilt: F_S Schwerkraft des HHO, F_T Trägheitskraft des Objekts, N Einheitsvektor in Objektachse und μ Reibungszahl zwischen dem HHO und den Wirkungsflächen der Backen.

Greifkraftregelung: adaptive Regelung, die es erlaubt, HHO nur mit einer Minimalkraft zu greifen, womit auch empfindliche oder leicht verformbare Teile sicher gehandhabt werden können. Der Aufbau einer G. erfordert den Einbau geeigneter Sensoren in die Greiffläche, z. B. Gleitsensoren.

Greifmittelpunktverlagerung $\nearrow$ Mittelpunkverlagerung.

Greiforgan: Baugruppe oder Einzelteil der Greifeinheit, das den unmittelbaren Kontakt zum HHO herstellt. Gegebenenfalls werden dazu zusätzliche feste oder auswechselbare Greifbacken genutzt.

Greifpunkt: Bezugspunkt, der sich z. B. durch die Vermessung der Lage eines HHO (x - y -Koordinaten) durch einen Sensor ergibt und zu dem der Greifer zur Aufnahme des Objekts geführt wird.

Greifpunktkoordinaten $\nearrow$ Handkoordinaten.

Greifsicherheit: Sicherheit, mit der ein Objekt im Greifer gehalten wird. Die G. ergibt sich aus dem Quotienten von ausgeübter Greifkraft $F_{G, \text{on}}$ zur erforderlichen Greifkraft $F_{G, \text{erf}}$, die zur Kompensation der infolge der Objektträgheit und der Objektmasse hervorgerufenen Kräfte notwendig ist. Vgl. Greifkraftkriterium.

Greiftechnik: Art und Weise des Greifens von HHO, d. h. wo und wie werden Teile aufgenommen. Dazu sind am Werkstück Griffflächen, Spann- und Auflageflächen festzulegen. Außerdem ist zu entscheiden, ob das HHO durch Klemmen (*Reibpaarung*), Umschließen (*Formpaarung*), Kombinationen von beiden oder durch z. B. Magnetfeld, Vakuum oder Haftkleber gehalten wird. Probleme entstehen, wenn das HHO während der Bearbeitung seine Form entscheidend verändert.

Greifteilefamilie: Menge von HHO, die durch ihre Beschaffenheit sowohl im unbearbeiteten wie bearbeiteten Zustand vom Greifer eines IR gehandhabt werden kann. Die Untersuchung der Greifbarkeit umfaßt folgende Kenngrößen: Anzahl, Abmessung und Lage der Formelemente, Lage des Werkstückschwerpunkts. Für die Handhabung in einer Fertigungszelle ist nur die Schnittmenge mit der $\nearrow$ Spannteilefamilie geeignet.

Greifweg: senkrecht zur Mittelachse eines Backengreifers gemessener max. möglicher Weg, den eine Greiforbacke bewegt werden kann. Bei schwenkenden Fingern wird anstelle des G. der max. mögliche Backenschwenkwinkel angegeben.

Greifweite, Greiferspannweite: auf ein bestimmtes Maß eingestellter oder festgelegter Greifflächenabstand eines mechanischen Backengreifers innerhalb des Greifbereichs. Die G. wird so eingestellt, daß alle Werkstücke innerhalb eines Werkstückspektrums gegriffen werden können, wobei die

max. Toleranzen aller das Greifen beeinflussenden Elemente zu beachten sind.

Greifzentrum: in der Greiftechnik der Schnittpunkt der Normalen der Greiforgane (Greiferbacken). Die Verlagerung des G. muß z. B. berücksichtigt werden, wenn in einem Fertigungssystem Werkstücke, die durch einen IR gehandhabt werden, während der Bearbeitung Durchmesseränderungen erfahren und danach vom Roboter zwischen die Spitzen der nächsten Werkzeugmaschine einzusetzen sind. Vgl. Mittelpunktverlagerung.

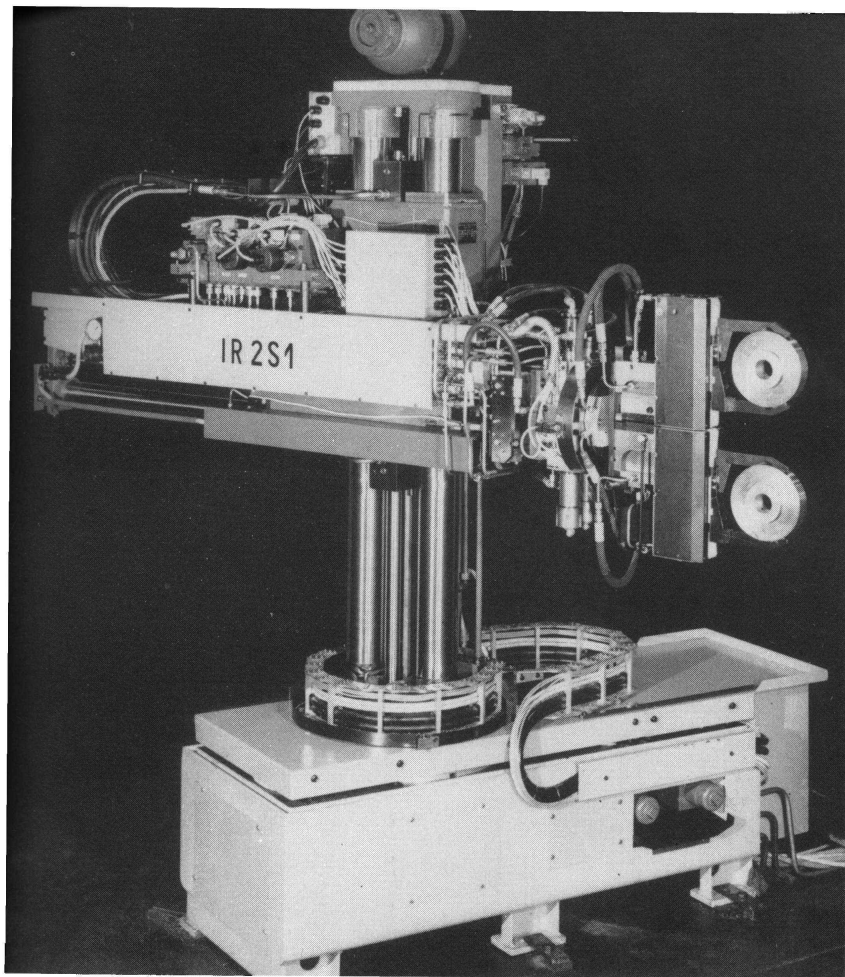
Greifzone: handhabetechnisch notwendige Flächen an einem HHO, die vom Greifer einer Handabeeinrichtung bzw. den Greiferbacken während des Handhabens nacheinander gebraucht werden. G. und Spannzone dürfen sich i. allg. nicht überdecken. Außerdem ist eine Aufnahmezone zu definieren, die für die Auflage des HHO im Werkstückspeicher erforderlich ist. Die G. soll so festgelegt werden, daß sich der Masseschwerpunkt des HHO zwischen den Greiferbacken befindet. Alle Zonen sind vom Technologen in der Phase der Einsatzvorbereitung festzulegen. Einflüsse hierbei sind vor allem die Bearbeitungslage, Bewegungsachsen des IR, Werkstückform und -schwerpunktlage, Greiferkonstruktion, Art des Werkstückspeichers und Art der Lagesicherungselemente.

Grenzkraftmessung: Ermittlung der Kraft bei z. B. einem Greifvorgang, um aus Sicherheitsgründen das Greifen an der Stelle unterbrechen zu können, an der eine vorgegebene, entweder durch die Aufgabenstellung bedingte (Greifen eines Eies) oder durch die Eigenfestigkeit des Greifers zulässige Endkraft erreicht wird. Bei einem mehrgliedrigen Fingergreifer muß jedoch bei einer Grenzkraftregelung durch eine geeignete Synchronisiereinrichtung dafür gesorgt werden, daß sich nicht das erste Fingergelenk solange zusammenzieht bis die Grenzkraft erreicht ist und die nachfolgenden Gelenke gar nicht eingesetzt werden. Vgl. Greifkraftregelung.

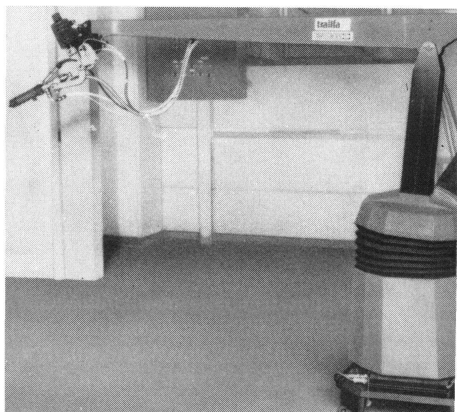
Griff auf das laufende Band: erste Näherungsstufe des Griffs in die Kiste durch einen IR. Durch einfache mechanische Mittel werden Objekte einzeln auf ein Band gelegt. Die Lage- und Werkstückerkennung erfolgt meist durch optische Sensoren, nach deren Signalen von einem schnellen Mikrorechner Anweisungen erarbeitet werden, durch die ein Roboterarm gezielt zugreift. Vgl. Nachführsteuerung.

Griff in die Kiste: Bezeichnung eines Vorgangs, den ein gesunder Mensch dank seiner vielfältigen sensorischen Fähigkeiten mühelos und ohne Hilfsmittel beherrscht und der das Aufnehmen eines HHO aus einer absolut ungeordneten Werkstückmenge (*Haufwerk*) charakterisiert. Die technische Nachbildung dieses Vorgangs ist mit vielen Schwierigkeiten verbunden, im Labormaßstab teilweise möglich, aber bisher wegen der umfangreichen Informationsverarbeitung noch nicht ökonomisch. Eine technische Einrichtung kann z. B. mit optischen Sensoren arbeiten. Bei einem Versuchsaufbau der University of Rhode Island (1979) funktionierte das Greifen bereits in 60 bis 80 von 100 Fällen beim ersten Zugriff. Das Teil wird dann einer zweiten Kamera gezeigt, die die Lage feststellt, in der das Teil gegriffen wurde. Vgl. Erkennungssystem, Ordnungseinrichtung, Unordnungsgrad.

Grifffläche, Kontaktfläche: die durch den unmittelbaren Kontakt mit dem

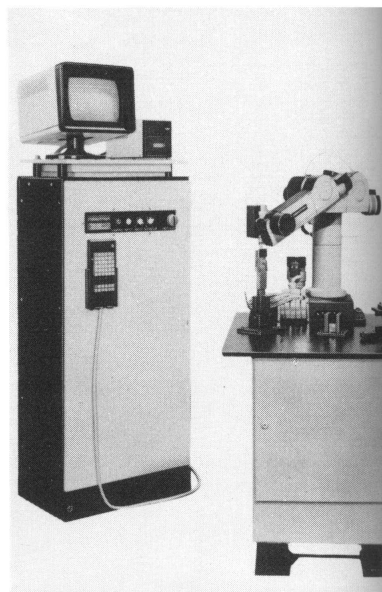
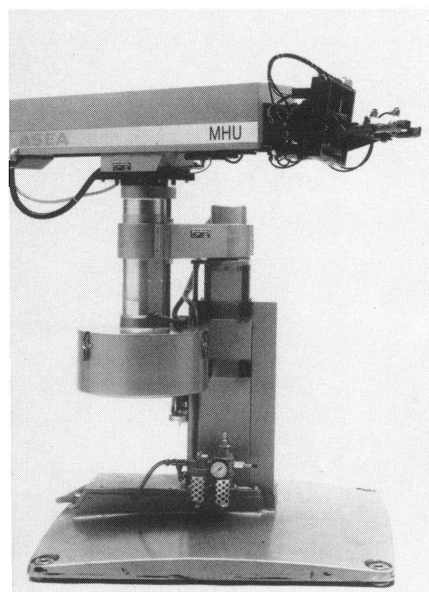
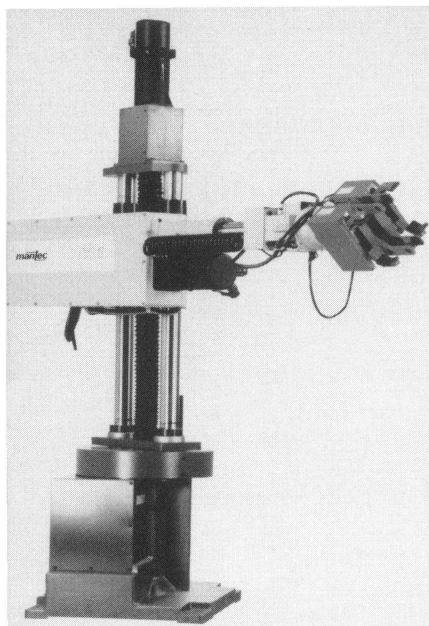


1
2



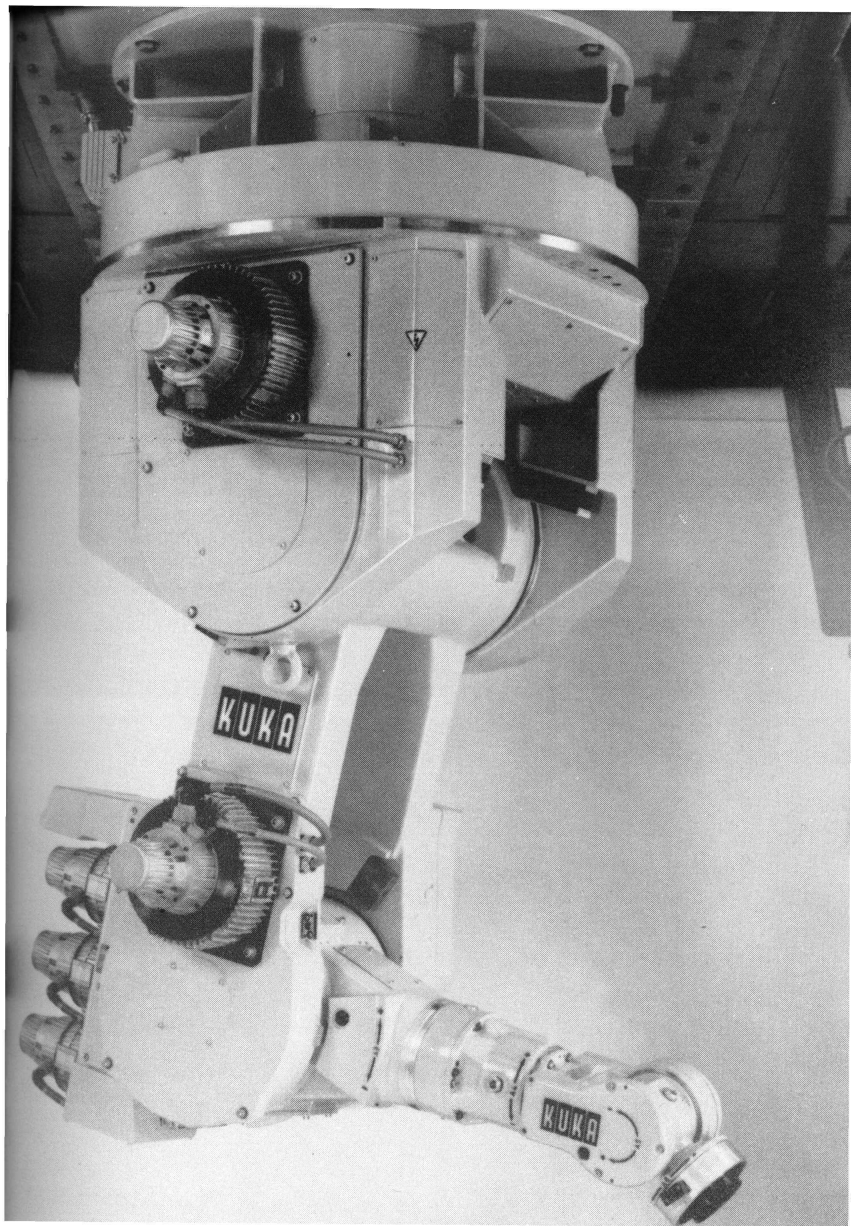
Tafel 1

1 Beschickungsroboter IR 2 S1
mit hydraulischem Antrieb und
freiprogrammierbarer Steuerung
(BWF Berlin) · 2 Beschichtungs-
roboter TR-400 (De Vilbiss/
Trallfa)

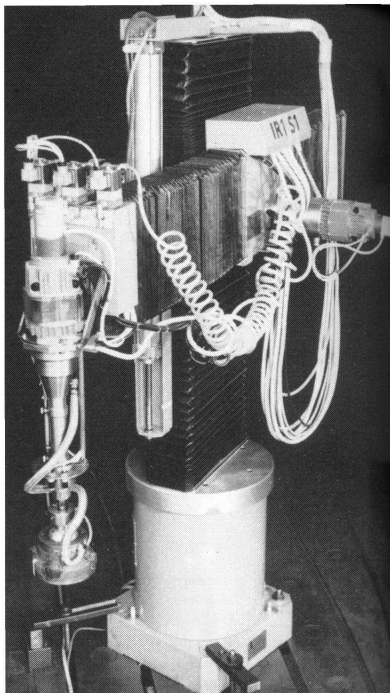
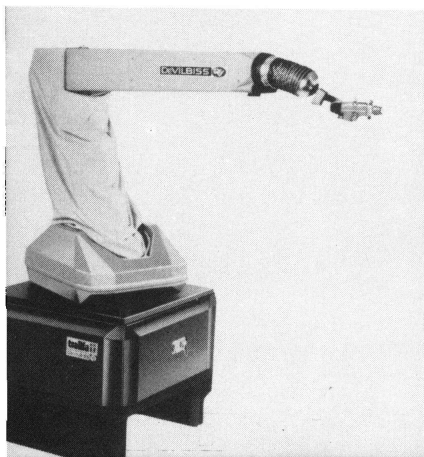
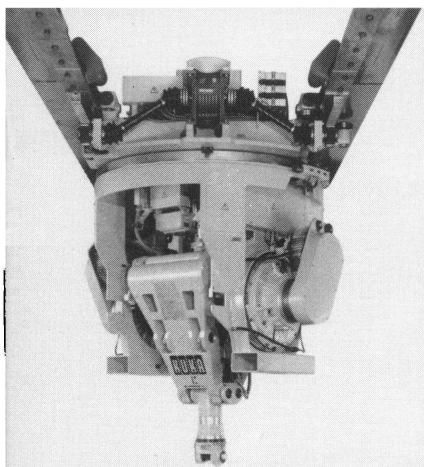
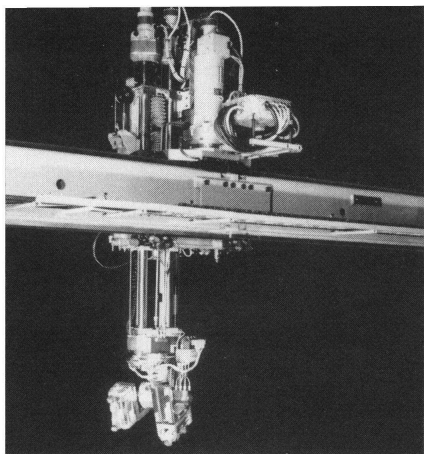


Tafel 2

- 1 2 1 Be- und Entladeroboter m¹ (mantec) · 2 Industrieroboter in Drehgelenk-
3 4 bauweise r³ für universellen Einsatz (mantec) · 3 Modular aufgebauter Be-
schickungsroboter MHU (ASEA) · 4 Freiprogrammierbarer Industrieroboter
PHM 41 mit 0,5 kg Handhabemasse (Robotron)



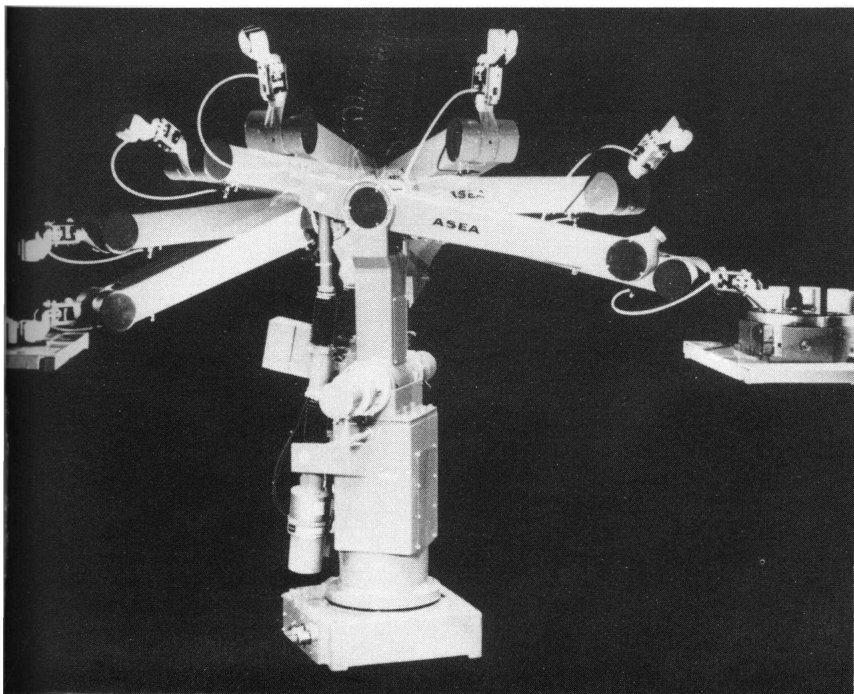
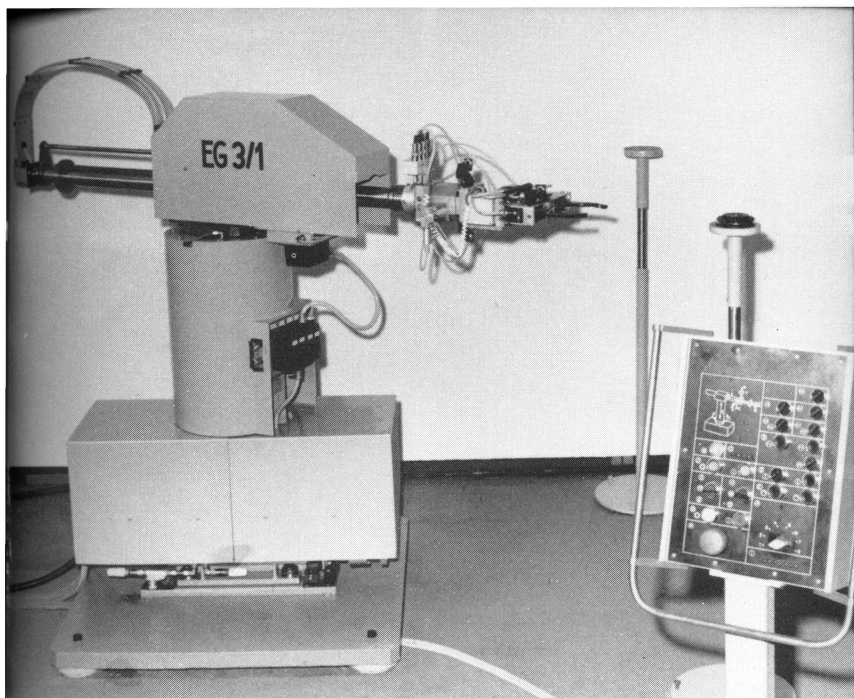
Tafel 3
Industrieroboter Serie IR 100 (KUKA)

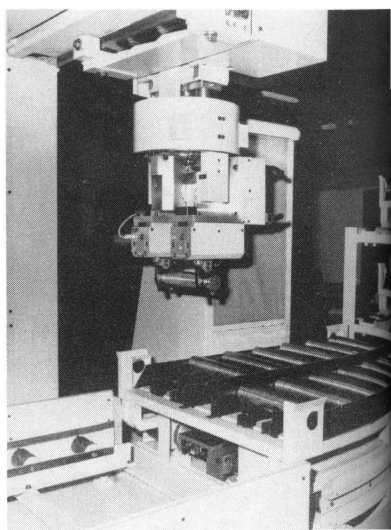
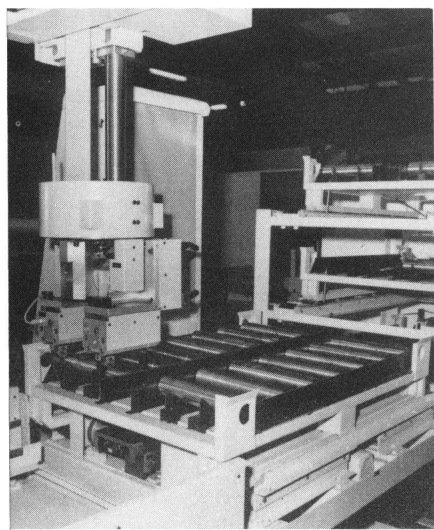
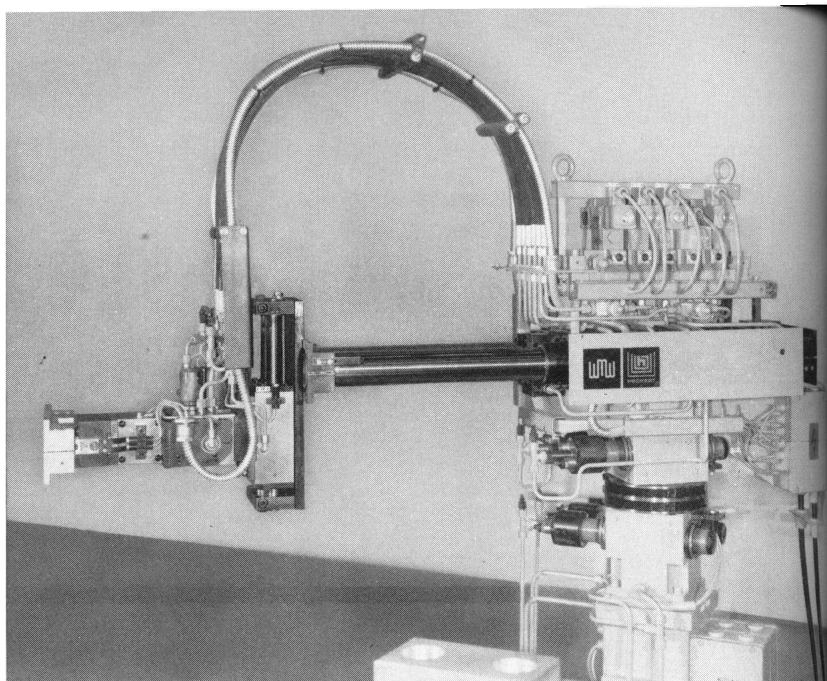


1	2	5
3		
4		6

Tafel 4/5

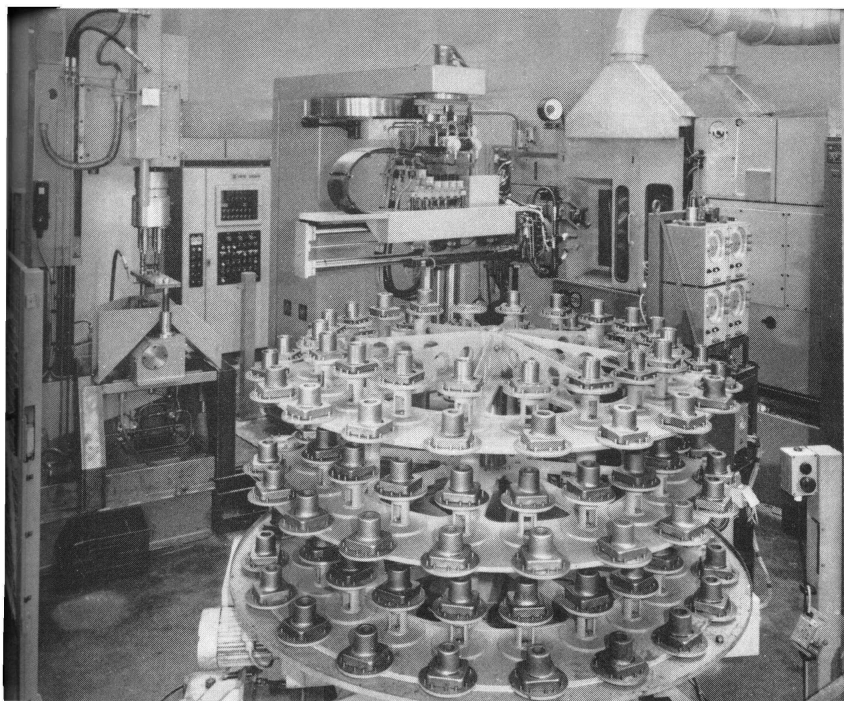
1 Portalindustrieroboter IR 2 P mit frei-programmierbarer Steuerung zur Ma-schinenbeschickung (BWF Berlin) 2 Freiprogrammierbarer Industrieroboter IR 1 S 1 für Handhabemassen bis 10 kg (BWF Berlin) · 3 Industrieroboter Serie IR 200 (KUKA) · 4 Beschichtungsrobo-ter TR 4000 (De Vilbiss/Trallfa) 5 Be-schickungsroboter EG 3/1 mit Steue-rung PS 2000 (Schraubenwerk Karl-Marx-Stadt) 6 Drehgelenkroboter IRb-6 mit einer Tragfähigkeit von 6 kg in verschiedenen Bewegungsphasen (ASEA)





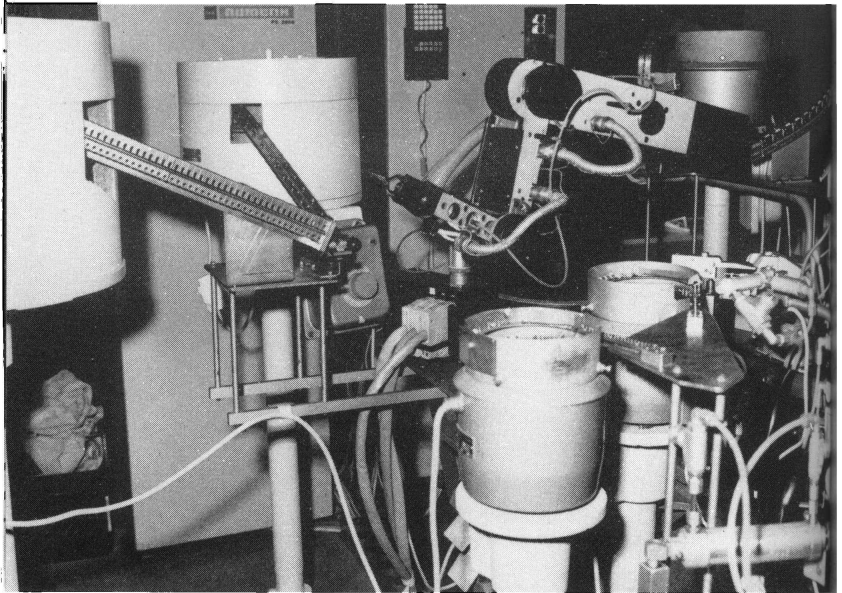
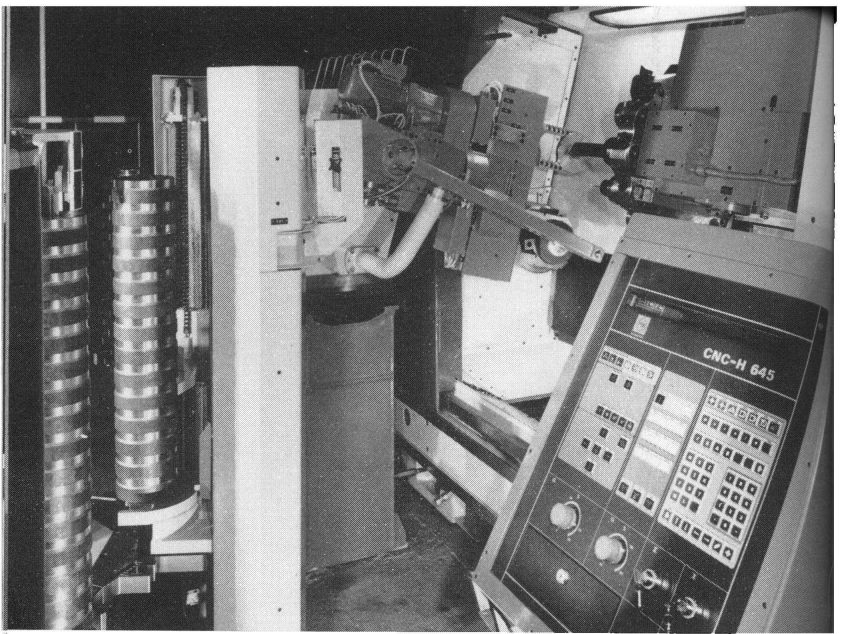
Tafel 6

- 1 1 Manipulator MR 01 für die Maschinenbeschickung (WEMA Plauen) · 2
- 2 3 Maschinenintegrierte flexible Werkstückhandhabung mit Portalmanipulator – Speicherplatz anfahren und 3 Drehteil abholen (WMW)



Tafel 7

- 1 Fertigungszelle mit mehretagigem Scheibenspeicher für die Werkstückbe-
- 2 reitstellung (BWF Berlin) · 2 Mehrmaschinenbedienung mit mobilem
IR 2 S 1 im Fritz-Heckert-Kombinat; bedient werden drei Werkzeugma-
- schinen, vier Werkstückspeicher und eine Meßstation (BWF Berlin)



Tafel 8

- 1 1 Maschinenintegrierter Beschickungsroboter IR SO an einem Drehauto-
 - 2 maten; links Rohteile in einem Hubmagazin (BWF Berlin) · 2 Montagear-
- beitsplatz für Büromaschinenbaugruppen mit dem Roboter PHM 41 (Robo-
- tron)

Grundbauart		kinematischer Aufbau (Beispiele)		
D	S			
O	3			
SSS				
D	S			
1	2			
DSS, SSD, SDS				
D	S			
2	1			
DDS, DSD, SDD				
D	S			
3	O			
DDD				

Grundbauart: Beispiele für den kinematischen Aufbau von Industrierobotern

Greifer beim Greifen bzw. Halten berührte Außen- oder Innenfläche (*Berührungsfläche*) eines HHO. Bei rotationssymmetrischen Teilen läßt sich deren Symmetrie im Gegensatz zu prismatischen Teilen zur Greifergestaltung ausnutzen. Die G. stellt den passiven Teil innerhalb des Wirkpaares Greiferkontaktfläche/Werkstückkontaktfläche dar.

Griffkontur: geometrische Form, die sich einstellt, wenn ein Greifer mit seinen Greifelementen eine Schließbewegung ausgeführt hat. Während bei Greifern mit festen Backen die G. unveränderbar festliegt, kann ein Mehrfingergreifer mit mehrgliedrigen und einzeln steuerbaren Fingern verschiedene G.en hervorbringen. Dabei müssen nicht immer alle Fingerglieder unabhängig steuerbar sein. Es besteht auch die Möglichkeit, z. B. bei einem Dreifingergreifer das letzte Glied an der Spitze zwangsgesteuert, jeweils proportional zur Bewegung des nachgeschalteten Gelenks, abzuknicken, wobei sich immer eine runde G. einstellt.

Grobmeßsystem: Bezeichnung für ein Wegmeßsystem, das so an die Bewegungseinheit angekoppelt ist, daß zugunsten eines absoluten Meßverfahrens, z. B. eine Rotorumdrehung über den $\nearrow$ Verfahrensweg, nur eine grobe Weg- bzw. Winkelauflösung erreicht wird. Das G. wird i. allg. in Kombination mit einem zweiten Meßsystem angewendet, das eine hohe Auflösung liefert (*Feinmeßsystem*).

Grundbauart: Aufeinanderfolge von Dreh- und Schubeinheiten sowie Lage bzw. Richtung im Führungsgetriebe eines IR. Die G. spiegelt den kinematischen Aufbau für die Hauptachsen wider und wird wesentlich vom Vorhandensein von Boden- oder Portalverfahrenseinheiten geprägt. Abb. S. 129.

Grundstruktur: Kombination von Dreh- (D) und Schub- (S) Bewegungen in den 3 Hauptbewegungsachsen des Führungsgetriebes eines IR. Die G. legt den Bewegungsraum im wesentlichen fest. Insgesamt sind die G.en SSS, SSD, DSS, DDS, DSD, SDD und DDD möglich. Die G. eines IR wird durch die Einsatzbedingungen bestimmt. Vgl. Achsenkonfiguration.

Gruppenbearbeitung: Zusammenfassung von konstruktiv und technologisch ähnlichen Teilen, z. B. verschiedenartige Wellen, zu Gruppen und deren Fertigung an Arbeitsplätzen mit gleichen Werkzeugmaschinen, Ausrüstungen, Werkzeugen, Vorrichtungen.

Gruppenmagazin: Magazin, das in bestimmten Grenzen umstellbare Elemente hat, die das Magazinieren nicht nur eines Werkstücktyps gestatten, sondern einer ganzen Gruppe geometrisch ähnlicher Werkstücke.

Gußputzmanipulator: 1. kraftbetätigte Halte- und Kippdreheinrichtung zur Erzeugung günstiger Arbeitslagen eines Gußstücks beim manuellen Arbeiten. – 2. sensorgeführter und mit einem Schleifaggregat für das Gußputzen ausgestatteter Universalroboter. – 3. Industriemanipulator, mit dem ein Operateur nach Sicht eine Schleifscheibe zum Gußputzen führt.

Gyroachse: Bezeichnung für eine zusätzliche Drehachse im Handgelenk eines IR, mit der z. B. beim Lichtbogenschweißen Rundnähte an Rohren mit stets gleicher Schweißbrennerstellung geschweißt werden können.

Gyroskop: Meßgerät auf der Basis eines Kreisel systems, das Abweichungen von der Waagerechten anzeigt. Das G. kann z. B. als Sensor in robotisierten Bergbau- bzw. Erdbewegungsautomaten verwendet werden.

H

Haftgreifer: Greifer, bei dem ein HHO durch das Wirkprinzip Haften aufgenommen und lagegesichert wird (↗ Adhäsivgreifer). H. werden vor allem zum Greifen von textilen Gebilden und Papier verwendet. Als Haftelement kann z. B. Selbstklebeband verwendet werden, welches nach einer entsprechenden Zahl von Greifvorgängen weitergeschaltet wird.

Haftpalette: mit einer adhäsiven Schicht versehener Werkstückspeicher, der ein wiederholtes Anhaften und Lösen von HHO ermöglicht. Die Haltekraft hängt von der Größe der Aufnahme­fläche ab. Die Teile müssen öl- und fettfrei sein. Der Vorteil der H. besteht in der Aufnahmefähigkeit verschiedener Werkstückformen, ohne daß Lagesicherungselemente umgestellt werden müssen. Die Hafts­chicht hält bis zu 10^3 Wechselvorgänge aus, wobei die ausgebildete Haftkraft immer mehr abnimmt. Die Schicht muß dann regeneriert bzw. erneuert werden.

Haftsauger: scheibenförmiger Saugteller, der auf die Werkstückoberfläche gepreßt wird und durch seine Elastizität ein Vakuum aufbaut. Das Lösen geschieht mit Hilfe von Druckluft oder durch mechanisches Öffnen eines Ventils zum Belüften. Bei einem Saugtellerdurchmesser von 63 mm und geschliffener Objektfläche wird z. B. eine Greifkraft von 140 N ausgebildet.

Hakengreifer: Greifer, der nur einen Finger hat und damit mit einem aufzunehmenden HHO eine formpaarige Verbindung herstellen kann, wie bei einem Kranhaken. Mitunter werden Zweifingergreifer so gestaltet, daß sie gemeinsam einen Haken bilden. Mit dem H. lassen sich Werkstücke nicht genau positionieren.

Hakenvorschubeinrichtung: Handhabeinrichtung für Bänder und Streifen, bei der der Vorschub durch einen hakenförmigen Greifer bewirkt wird. Der Haken greift am Steg an, der zwischen den ausgeschnittenen Teilen stehen bleibt (*Abfallgitter*). Beim Rückhub gleitet der Haken aufgrund einer Schräge an der Stirnfläche über den Steg hinweg. Es sind bis zu 200 Vorschubbewegungen je Minute möglich. •

Halbleiterspeicher: elektronischer Speicher auf Halbleiterbasis. H. werden als Schaltkreise angeboten und in Nur-Lese-Speicher (ROM-Typ) und Halbleiterfestwertspeicher unterteilt. Der H. ist verfügbar als einmalig mit der Herstellung (ROM) bzw. nach der Herstellung (PROM) programmierbarer H. und als elektrisch programmierbarer und durch Ultraviolettlicht (EPROM) bzw. elektrisch (EAROM) löschbarer H. Der Speicherinhalt bleibt auch bei abgeschalteter Versorgungsspannung erhalten. Er wird deshalb bevorzugt in (IR-) Steuerungen als Programmspeicher für Betriebssysteme eingesetzt, z. T. auch für Anwendersysteme, die sich nicht ändern (Festprogrammsteuerung) sowie als Konstantenspeicher.

Schreib-Lese-Speicher mit wahlfreiem Zugriff (RAM-Typ) sind flüchtige oder volatile Speicher, d. h. der Informationserhalt ist an die Versorgungsspannung gebunden. Es werden statische und dynamische RAM unterschieden sowie H. nach den verschiedenen Herstellungstechnologien. In (IR-) Steuerungen werden sie bevorzugt als Programmspeicher für das Anwender-

system, d. h. die Handhabeprogramme und als Arbeitsspeicher verwendet. Für das Anwendersystem ist bei statischen RAM eine Batteriestützung notwendig, um den Informationserhalt bei ausgeschalteter Versorgungsspannung zu gewährleisten. Bei dynamischen RAM müssen die Programme von einem externen Datenträger neu eingelesen werden.

H. bestehen aus der eigentlichen Speichermatrix, Kodierer bzw. Dekodierer, Ein- und Ausgabeschaltungen sowie einer Schreibsteuerlogik.

Halbroboter: Roboter, der noch nicht über Schreiteinrichtungen (↗ Pedipulator) verfügt, statt dessen aber ein Fahrwerk hat. Vgl. Manipulatorfahrzeug.

Halbsensor: Bezeichnung für ein- oder mehrdimensional nachgiebige Glieder, wie sie z. B. in der automatischen Montage verwendet werden. Vgl. Compliance-Werkzeug, RCC-System.

Hall-Effekt: galvanomagnetische Transporterscheinung in elektrischen Leitern, die auf der Ablenkung von Ladungsträgern durch ein senkrecht zur Stromrichtung wirkendes Magnetfeld beruht und senkrecht zu Strom- und Feldrichtung zwischen 2 Punkten des Leiters ein elektrisches Potentialgefälle, eine *Hall-Spannung*, erzeugt. Diese ist der magnetischen Induktion eines äußeren Magnetfelds proportional. Der H. kann z. B. zur Wegmessung oder als Sensor verwendet werden.

Hall-Effekt-Sensor, Hall-Sonde: Sensor, bei dem der Energieformwechsel im Sensorelement auf dem Hall-Effekt beruht. Das diesen Effekt nutzende Sensorelement liefert eine Ausgangsspannung, die dem vektoriellen Produkt der Stromstärke eines durch das Element fließenden Erregerstroms und der magnetischen Induktion eines auf das Element wirkenden Magnetfelds proportional ist. H.en sind direkt oder indirekt wirkend möglich. Im ersten Fall dient das magnetische Feld der unmittelbaren Ankopplung an das Objekt, wobei die am Sensorelement wirkende magnetische Induktion auf berührungslosem Weg Lageinformationen liefert. Die Erregung des erforderlichen magnetischen Felds erfolgt durch gesonderte Mittel. Im zweiten Fall enthält der H. eine mit dem Objekt berührend gekoppelte mechanische Vermittlereinrichtung, die ihrerseits einen magnetischen Kreis beeinflusst und dadurch die magnetische Induktion am Sensorelement steuert.

Hall-Sonde ↗ Hall-Effekt-Sensor.

Haltbefehl, Stopbefehl: Befehl zum Anhalten eines Prozeßablaufs, z. B. der Bewegungen eines IR. Man unterscheidet:

1. unbedingte H. (unbedingter Halt, auch Stopbefehl), ausgelöst entweder durch Betätigung eines Funktionstasters oder durch einen programmierten Befehl, wie Soforthalt (Sofortstop), Halt (Stop) nach Abarbeitung des Schrittes bzw. Satzes (Schrittende- bzw. Satzende halt), Halt (Stop) nach Abarbeitung des Zyklusses (Zyklusende halt), Programmende halt (nur als Befehl). Die Fortsetzung des Programmlaufs erfordert die Betätigung des Starttasters.

2. bedingte H. (bedingter Halt) nur als Befehl. Die Bedingung ist zu definieren. Vgl. Verriegelung.

Halteeinrichtung ↗ Werkzeughalter.

Haltekraft: bei einem Greifer jener Teil der Greifkraft, der zum Aufrechterhalten eines Griffs benötigt wird. Bei einem seilzuggetriebenen Fingergreifer mit mehrgliedrigen Fingern erfolgt die größte Leistungszufuhr während der Bewegung der Fingerglieder. Die Energiezufuhrsysteme müssen diesem Verlauf angepaßt und entsprechend dimensioniert werden.

Haltekrafterzeugung: Erzeugung der Haltekraft in einem Greifersystem durch Formpaarung, Kraftpaarung und Kombination von beiden über Einzelkräfte oder Kraftfelder, z. B. Magnetismus. Im Ausnahmefall werden auch Adhäsionskräfte (Klebefolien u. a.) genutzt.

Halten: Handhabeoperation, die das vorübergehende Sichern eines HHO in einer bestimmten Orientierung und Position bezeichnet. Es erfolgt kraft-, form- oder stoffpaarig mit Halteeinrichtungen. Beim H. von HHO durch den Greifer eines IR müssen die während der Bewegung auftretenden zusätzlichen Kräfte und Momente berücksichtigt werden, um ein Herausrutschen des HHO bzw. das unbeabsichtigte Öffnen der Greiferbacken zu verhindern. Vgl. Aufnehmen, Greifkraftkennlinie, Spannen.

Haltesystem: Teilsystem eines Greifers, das die Aufgabe hat, die Lagefixierung eines HHO im Greifer durch Haltekräfte sicherzustellen.

Haltezeit ↗ **Haltezeit.**

Haltzeit, Haltezeit: Zeitdauer, die – im Gegensatz zur Verweilzeit – vom Vorliegen definierter Prozeßzustände oder von Bedienhandlungen bestimmt wird. Sie ist von ihrem Wert her nicht vorbestimmt. Eine H. ist i. allg. mit einer Unterbrechung der Programmabarbeitung verbunden. Sie kann unbedingt und bedingt eintreten. Beispielsweise wird bei einer bedingten H. der Befehl „Werkstückspannfutter öffnen“ erst dann ausgeführt, wenn vom IR ein Quittierungssignal „Werkstück gegriffen“ gemeldet wird. Vgl. Verriegelung.

Hand, mechanische: allgemein jeder mechanisch wirkende Greifer. Im besonderen sind darunter auch Mehrfingergreifer zu verstehen, bei denen versucht wird, die menschliche Hand technisch mehr oder weniger vollkommen nachzubilden. Ein solcher Mehrfingergreifer wird auch als ↗ Androidenhand bezeichnet.

Hand, menschliche: Nachbildung der oberen Extremitäten des Menschen. Die m. H. und im weiten Sinn der dazugehörige Arm sind eine vorzüglich ausgebildete flexible „Handhabeinrichtung“ und in dieser Vollkommenheit technisch nicht nachzuahmen. Nach der Strukturformel für Raummechanismen ergibt sich der Freiheitsgrad 27 für eine m. H. mit Arm; die m. H. hat dabei den Freiheitsgrad 7 und jeder Finger den Freiheitsgrad 4. Mit 10^5 in der Haut verteilter Rezeptoren für Druck- und Temperaturempfindungen weist die m. H. eine hohe Sensibilität auf. Die hohe Leistungsfähigkeit begründet sich außerdem auf das steuernde Gehirn, das Nervensystem, das Muskelsystem und die Koordinierung von Auge und Hand.

Hand, sehende: Industrierobotergreifer, in den ein optischer Sensor zur Bilderkennung integriert wurde. Ein solches *Sensorauge* kann dazu dienen, unter Umständen in Verbindung mit weiteren Sensoren, den Greifer zu einem im Suchbereich (Fangbereich) liegenden HHO zu führen. Die s. H. ist besonders für die Erfüllung von Montageaufgaben geeignet.

Handachse ↗ Achsenbezeichnung.

Handdreheinheit: Dreheinheit, die sich durch besonders kleine und massearme Ausbildung auszeichnet, und unmittelbar eine Greiferhand programmiert dreht.

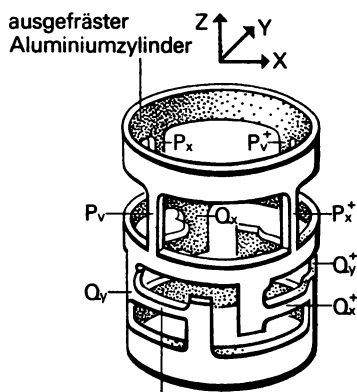
Lagegeregelter Drehbewegungen von z. B. 0 bis 300° in beiden Drehrichtungen können zum Suchen beim Fügen von Keilwellen, Zahnrädern und nichtrotationssymmetrischen Montageteilen erforderlich sein. Zum Eindrehen von Schrauben, Anziehen von Muttern oder Verschrauben von Ringen mit Grobgewinde und ein- oder mehrgängigem Feingewinde sind H.en erforderlich, die winkelschwindigkeitsgesteuerte umlaufende Drehbewegungen erzeugen.

Handflansch: 1. ↗ Flanschbauform. – 2. ↗ Greiferanschlußflansch. – 3. ↗ Greiferwechseinrichtung. – 4. ↗ Wechselflansch.

Handfreiheitsgrad: voneinander unabhängige Bewegungsmöglichkeiten einer Greiferhand, die gewöhnlich ab ausschließlich Handwurzel gezählt werden (↗ Greiferachse). Der benötigte H. hängt von der auszuführenden Arbeit, dem HHO und dem Bewegungsprogramm ab. Technische Arbeiten sind i. allg. im Bereich zwischen dem H. 2 und 7 ausführbar. Die sonstigen Bewegungsachsen eines Roboters beeinflussen den H. nur unwesentlich. Vgl. Handkoordinaten.

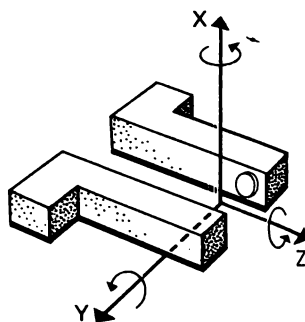
Handgelenk: Baugruppe eines Manipulators, die dem Greifer oder Werkzeug 2 oder 3 Drehungen zu ihrer Orientierung im Arbeitsraum ermöglicht und die sich an der am weitesten vom Gestell entfernten Stelle des Führungsgetriebes befindet. Vgl. Handdreheinheit, Handkippeinheit, Handschwenkeinheit.

Handgelenksensor, Wristsensor: Sensor, der sich zwischen der Hand und dem Endteil des Armes befindet und zur Messung von Kraft- und Kraft-Moment-Komponenten dient. Damit ist es z. B. möglich, auf Kippbewegun-



Biegestab mit Dehnmeßstreifen

Aufbau eines Handgelenksensors



Bezugskordinaten des Greifers

gen beim Fügen eines Bolzens in eine Bohrung zu reagieren und sensorgesteuerte Feinbewegungen auszulösen. Meist enthält ein H. eine mechanische Struktur mit elastischen Sektionen und Wandler, die die Biegung der elastischen Sektionen entlang dreier orthogonaler Achsen messen. Als Meßwandler werden Dehnungsmeßstreifen, piezoelektrische, magneto-resistive, magnetische u. a. Elemente verwendet. Abb.

Handhabbarkeit: Eigenschaft von HHO, die deren Eignung zur manuellen oder automatischen Handhabung ausdrückt und von der Ausprägung bestimmter Werkstückparameter abhängt. Sie ist ein wesentliches Kriterium für die Automatisierbarkeit von Stückgutprozessen. Zur Verbesserung der H. sind oftmals zusätzliche Flächen oder Formelemente am Werkstück erforderlich. Vgl. Greifbarkeit, Handabeeigenschaften.

Handhabeadapter: einschraubbarer oder anklebbarer Bolzen, der mit einem Kegel entsprechend der ISO-Werkzeugaufnahme oder mit anderen standardisierten Formelementen ausgestattet ist und als Kontakt- und Aufnahme-stelle der damit ausgerüsteten HHO beim maschinellen Handhaben dient. Der H. gleicht damit Formunterschiede von Werkstücken während des Handhabens aus und gestattet die Verwendung von z. B. einheitlichen Werkstückgreifern und -speichern. Der H. wird i. allg. nur vorübergehend angebracht und nach abgeschlossener Bearbeitung wieder entfernt.

Handhabeaufgabe: alle Anforderungen, die bei der Überführung von HHO aus einem Anfangs- in einen Endzustand auftreten. Unter Berücksichtigung qualitativer und quantitativer Merkmale der Arbeitsgegenstände und eingesetzter Fertigungseinrichtungen tragen die zu realisierenden Verrichtungen den Charakter von zeitabhängigen orts- und bzw. oder mengen-verändernden Funktionen. Vgl. Handabeeoperation.

Handhabebaukasten: Anwendung des Baukastenprinzips bei der Gestaltung von Handhabeeinrichtungen. Das Ziel besteht darin, durch die Baukastenbauweise den Aufbau von speziellen, den jeweiligen Handhabeerfordernissen optimal angepaßten Handhabeeinrichtungen günstig zu ermöglichen.

Handabeeigenschaften: Gesamtheit der Zustände sowie des Ruhe- und Bewegungsverhaltens von Objekten, die die Eignung für automatisches Handhaben charakterisieren. Bei Werkstücken interessiert besonders das Werkstückverhalten. Die H. können in Abhängigkeit von Form, Verhaltenstyp und physikalisch-stofflichen Parametern sehr unterschiedlich sein. H. können sich im Verlauf der Fertigung verändern. Tab. S. 136.

Handhabeeinrichtung, Handling-Gerät: alle Funktionsträger, die zur Erfüllung von Handabeeoperationen verwendet werden können. Die H. kann sowohl Bestandteil einer Fertigungseinrichtung sein, als auch externes Gerät mit eigenen Antrieben und eigener Steuerung. Am vielseitigsten sind IR als H.en einsetzbar.

H.en wurden in der Art spezieller maschinengebundener Werkstückzuführ-einrichtungen bereits im 18. Jahrhundert an Münzprägepressen und im 19. Jahrhundert z. B. an Nähadelprägemaschinen eingesetzt. Diese Einrichtungen wurden mechanisch gesteuert, und ihr Bewegungsablauf war dadurch unveränderbar. Mit der Entwicklung von Taktstraßen entstanden H.en für die Massenproduktion, bei denen vor allem das taktende Weiterge-

*Gliederung der Handhabeigenschaften***Werkstückeigenschaften***Verhaltenstyp (Form)*

Wirr-, Flach-, Zylinder-, Block-, Kegel-, Pyramiden-, Pilz-, Hohl-, Kugel-, Lang-, Form-, Massivteile

geometrische Daten

Abmessungen, Symmetrien, Größenklassen usw.

kennzeichnende Formelemente

Bohrung, Absatz, Bund, Schlitz, Nut, Fase usw.

physikalische Eigenschaften

Steifigkeit, Festigkeit, Masse, Härte, Temperatur usw.

Werkstückverhalten*Ruheverhalten*

Lagestabilität, Standsicherheit, Ordnungswahrscheinlichkeit (Vorzugslagen), Unordnungsgrad, Stapelfähigkeit, Hängefähigkeit, Bearbeitungslage, Verhalten im Haufwerk

Bewegungsverhalten

Gleitfähigkeit, Rollfähigkeit, Richtungsstabilität, Stoßempfindlichkeit, Schüttfähigkeit, Verhakungsfähigkeit

ben von Werkstücken im Vordergrund stand. In der Umformtechnik entstand die ↗ Eiserne Hand, eine H., die das Entnehmen von Blechteilen aus einer Presse übernahm. Mit der Entwicklung der digitalen Schaltungstechnik und der numerischen Steuerung wurde es möglich, den Bewegungsablauf einfach zu verändern und diese H.en flexibel und damit auch für die vielfältigsten Aufgaben in der Mittelserienfertigung einzusetzen.

Handhabefläche: technologisch bedingte Fläche an einem HHO, die zur Handhabung verwendet werden kann. H. können auch besondere ↗ Formelemente sein, wie Absätze, Bohrungen u. a. Mitunter wird unter H. auch die vom Greifer eines IR überstrichene horizontale oder vertikale Fläche verstanden, angegeben in Quadratmeter.

Handhabegeschwindigkeit: Geschwindigkeit, mit der ein HHO, ein ↗ Endeffektor oder ein charakteristischer Punkt am Greifer durch eine Handhabeinrichtung bewegt wird. Nach einer Analyse von Kosierev (1981) weisen 52 % der IR eine H. in der Geraden von 100 bis 500 mm/s, 42 % von 500 bis 1000 mm/s und 6 % mehr als 1000 mm/s auf. Für Farbspritzroboter werden H.en bis 5 m/s angegeben. Die H. ist i. allg. der möglichen Positioniergenauigkeit umgekehrt proportional.

Handhabegut: Gegenstände oder Stoffe, die einem Be- oder Verarbeitungssystem zu- bzw. von dort abgeführt werden. H. können Rohteile, Fertigteile, Werkzeuge, Abfälle und Hilfsstoffe in festem (starr oder deformierbar), flüssigem oder gasförmigem Zustand sein, auch Betonplatten, Schlachtkörper, Meßzeuge, Vorrichtungen u. a.

Handhabemasse: max. zulässige Masse eines HHO, die eine Handhabeinrichtung bzw. ein Greifer aufzunehmen und zu bewegen in der Lage ist.

Handhabemassenverteilung: Gliederung eines zu handhabenden Sortiments von Werkstücken in Masseklassen. Die H. ist eine wesentliche Grundlage

für die Auswahl von Handhabeinrichtungen. Aus einer Analyse der Teilefertigung im Maschinenbau ergab sich z. B. folgende H.: 65% $\leq$ 10 kg; 12% $\leq$ 16 kg; 11% $\leq$ 25 kg; 7% $\leq$ 40 kg; 5% $\leq$ 63 kg.

Handhabemodul $\rightarrow$ Modul.

Handhaben [engl., Handling]: alle Vorgänge, bei denen ein Objekt in eine definierte Position und Lage im Raum gebracht und bzw. oder in dieser vorübergehend gehalten oder mit dem Objekt eine definierte Bewegung ausgeführt wird, um eine Arbeitsaufgabe durchzuführen. Dazu gehören z. B. Ein-, Aus- und Weitergeben, Positionieren, Stapeln, Ordnen. Außer der Raumlage können auch weitere Bedingungen, z. B. Zeitfolge, Menge und Bewegungsdaten vorgegeben sein. Veränderungen von Form und Beschaffenheit des HHO sind beim H. nicht beabsichtigt. Im Unterschied zum H. bezeichnen *Fördern* und *Transportieren* den Fluß von HHO innerhalb eines Werkes bzw. von Werk zu Werk mit den Mitteln der Förder- oder Verkehrstechnik. Hierbei erfolgt zwar eine gerichtete Ortsveränderung, jedoch ist eine definierte Lage der Objekte nicht Bedingung.

Der Begriff H. wurde ursprünglich ausschließlich auf den Bereich der Werkstückhandhabung bezogen; gelegentlich sogar nur die manuell ausgeführte Tätigkeit beim Zu- und Abführen von Werkstücken als Werkstückhandhabung und die Durchführung dieser Vorgänge mittels technischer Einrichtungen als Werkstückfluß bezeichnet. Mit dem Entstehen des IR als universelle Handhabemaschine wurde auch das H. umfassender gesehen, weil neben dem H. von Werkstücken vor allem das H. von Werkzeugen, auch von Meß- und Prüfmitteln sowie Vorrichtungen immer mehr verwirklicht wird. Vgl. Handhabeigenschaften, Handhabetechnik.

Handhaben, indirektes: Bezeichnung für das Handhaben, wenn sich die zu handhabenden Objekte auf Systempaletten bzw. Werkstückträgern befinden und mit diesen zusammen die Fertigungs- und Werkstückflußeinrichtungen durchlaufen.

Handhabeobjekt, Abk. HHO: Gegenstand, der von einer Handhabeinrichtung bewegt wird. Dazu zählen vor allem Werkstücke, Werkzeuge, Prüfmittel, Vorrichtungen, Spannmittel u. a. In Zweigen außerhalb der metallverarbeitenden Industrie können es aber auch landwirtschaftliche Produkte, Schlachtkörper, Betonteile u. a. sein. HHO werden oft auch als Handhabeut bezeichnet. Sie lassen sich mit den Größen Masse, Werkstoffeigenschaften, Form, Abmessungen, Oberflächenzustand und -eigenschaften sowie besondere Handhabebedingungen beschreiben. Tab. S. 138.

Handhabeoperation, Handhabevorgang: Auflösung des Objektdurchlaufs in Teilvergänge zum Zweck des Planens und des Entwerfens von Handhabeinrichtungen. H.en sind Bunkern, Magazinieren, Stapeln, Weitergeben, Ordnen, Zuteilen, Abzweigen, Zusammenführen, Drehen, Wenden, Schwenken, Eingeben, Ausgeben, Positionieren, Spannen, Entspannen, Anwesenheit-, Identität- und Lageprüfen.

Sinnbilder für H.en, auch *Handhabesymbolik* genannt, sind Hilfsmittel zur Planung von Handhabeinrichtungen. Mit ihnen lassen sich Funktionspläne grafisch darstellen, die eine erste Unterlage für ausführliche Untersuchungen sind.

*Charakteristische Handhabeobjekte für Industrieroboter***Objektgruppe Beispiele**

Spritzgußteile	Gehäuse, Platten, Wannen, Hohlzylinder, Verbundgußstücke, Flaschenkästen, Plastikmülltonnen
Gießereiteile	Sandformen, Wachstrauben für Feinguß, Kerne, Gießkästen, Gußteile, Gießpfannen
Blechteile, gepreßte Pulverteile	Trafobleche, Platten, Winkel, Rotorflügel, Blechtafeln, Spülbecken, Sinterpreßteile, Karosserieteile
elastische Teile	Gummiteile, Glasfiberteile, PVC-Platten, Papiersäcke, Elastomerstränge, Kabelbäume, Klebstoffe, textile Zuschnitte
empfindliche Teile	Glasrohre, Bildröhren, Reagenzgläser, Chemikalien, Flachglas, Leuchtstofflampen, Rohziegel, Uhreneinzelteile, Sanitärporzellan
Werkstücke	Schrauben, Platten, Wellen, Gehäuse, Zahnräder, Schmiedestücke, Kettenglieder, Bolzen, Kugellager, Sicherungsringe, Ritzelwellen
Werkzeuge	Bohrer, Spritzpistolen, Schweißköpfe, Schleifaggregate, Entgratefräser, Trennschleifscheiben, Punktschweißzangen, Nibbelscheren
Prüf- und Justiereinrichtungen	Meßtaster, Grensrachenlehren, Meß- und Justiervorrichtung
Werkzeughalterungen	Bohrfutter, Schweißelektrodenhalter, Werkzeugwechselsysteme
Komplexeile	Getriebe, PKW-Räder, Motoren, bestückte Leiterplatten, Schaltschütze, Garnspulen, Hupen, Wasserpumpen

Keine H.en, sondern technologische Operationen sind z. B. das Reinigen oder Sortieren von Teilen, auch wenn dazu meist mehrere H.en ausgeführt werden müssen.

Handhabeplan: Darstellung der zeitlichen und logischen Folge von Handhabeoperationen mit Hilfe von Symbolen (↗ Handhabeoperation) als Grafik (Funktionsplan) oder als Liste mit schrittweiser Notierung.

Der H. ist eine erste Darstellung des Umfangs und der Art erforderlicher Handhabevorgänge in der Phase der Ausarbeitung von Automatisierungsprojekten. Eine Zuordnung von Funktionsträgern erfolgt in dieser Arbeitsphase noch nicht.

Beispiel für ein Handhabeprogramm (Beschickungsprogramm, ↗ NC-Kode)

% 1	Hauptprogramm Nr. 1
N 01	G 20 G 40 Ausgangsstellung, max. Geschwindigkeit
	G 60 A 1 F 1
	M 60 M 9 Greifer öffnen, Quittung abwarten
	M 96 M 62 Zyklenzähler löschen
N 02	M 95 Zyklusbeginn
N 03	G 21 Absenken der Rohteilablage A1
N 04	M 100 M 8 Greifer schließen, Quittung abwarten
N 05	G 20 Anheben
N 06	G 42 G 62 zur Bearbeitungsstation B
	M 3 M 11 Bearbeitungsende und Spannfutter geöffnet abwarten
N 07	G 22 Absenken
N 08	M 102 M 10 Spannfutter schließen, Quittung abwarten
N 09	M 60 M 9 Greifer öffnen, Quittung abwarten
N 10	G 20 aus Arbeitsbereich von B
N 11	M 63 G 0 Bearbeitungsstation B ein, 1 s warten
N 12	M 3 Bearbeitungsende abwarten
N 13	M 103 G 0 Bearbeitungsstation aus, 1 s warten
N 14	G 22 Absenken
N 15	M 100 M 8 Greifer schließen, Quittung abwarten
N 16	M 62 M 11 Spannfutter öffnen, Quittung abwarten
N 17	G 20 Anheben
N 18	G 43 G 63 zur Fertigteilablage A2
N 19	G 23 Absenken
N 20	M 60 M 9 Greifer öffnen, Quittung abwarten
N 21	G 20 Anheben
N 22	G 41 G 61 zur Rohteilablage A1
N 23	M 56 · Stand Zyklenzähler erhöhen
N 24	M 40 Zyklusende nach 80 Zyklen
N 25	M 2 Programmende

Handhabeprogramm: Formulierung einer Handhabeaufgabe für programmierbare IR der 1. und 2. Generation. Es enthält alle Steuerinformationen, die den IR zur Ausführung konkreter Aktionen befähigen und kann die Bestandteile Programmablauf (Befehle, Befehlsverknüpfung, Befehlsfolge), Wegbedingungen, Bewegungsbedingungen sowie Überwachung und Diagnose aufweisen. Tab.

Handhaberaum ↗ Arbeitsraum.

Handhaberoboter ↗ Beschickungsroboter.

Handhabesequenz: relativ abgeschlossene Aufeinanderfolge zusammengehörender Handhabeoperationen als Teil eines komplexen Handhabeprogramms.

Handhabesymbolik ↗ Handhabeoperation.

Handhabesystem: Gesamtheit aller an einem Arbeitsplatz zum ↗ Handhaben installierten Einrichtungen, einschließlich Steuerung und Fertigungseinrichtung. Tab.

Handhabetechnik: Gesamtheit aller materiellen Mittel und Verfahren, die dazu dienen, HHO im unmittelbaren Bereich eines Arbeitsplatzes insbesondere maschinell zu handhaben. Ein Teilgebiet der H. ist die Industrierobotertechnik.

Teilsysteme eines Handhabesystems

Teilsystem	Funktion und Aufgabe
Führungsgetriebe, Manipulator	räumliche Zuordnung zwischen Effektor, HHO, Arbeitsstelle; Gewährleistung der Beweglichkeit in einem Arbeitsraum durch Art, Anzahl und Anordnung der Bewegungsachsen
Effektoren	Greifen und Bearbeiten von HHO; Erzeugung von Wechselwirkungen zwischen Werkstücken (Montage, Fügen, Verschrauben, Schweißen, Kleben u. a.)
Sensoren	Erfassen der inneren Zustände des Manipulators (Lage, Geschwindigkeit, Momente), Erfassen der Zustände des HHO sowie seiner Umgebung; Messen physikalischer Größen, Identifikation und Lagebestimmung (Position, Orientierung) von Werkstücken, Szenenanalyse
Antrieb	Zuführen der Stellenergie für die einzelnen Bewegungsachsen sowie für die Effektoren
Steuerung	Steuerung und Überwachung von Handhabesequenzen; Synchronisation und Anpassung des Manipulators an den Handhabeprozess; Datenaustausch mit der Peripherie
Programmiersystem	Softwaresystem zur Erstellung der Steuerprogramme (Compiler, Interpreter, Testsysteme, Stimulatoren u. a.)
Rechner	Durchführung des Steuerprogramms, Diagnose, Überwachung; Unterstützung der Steuerprogrammentwicklung
Arbeitsmittel	Spannstelle zur Aufnahme von HHO; Integration von Meß- und Prüftechnik zur Qualitätssicherung; technologische Hilfsausrüstungen wie Reinigungsaggregat
Peripherie	Bereitstellen von HHO, Wechseleffektoren, Spannzangen u. a.; Hilfseinrichtungen mit Bewegungsachsen (Kippdrehtische, Kreuzschiebetische); Sicherheitseinrichtungen

Die H. ist eine wichtige Komponente bei der Rationalisierung der Produktion und der Steigerung der Arbeitsproduktivität. Der Einsatz von IR trägt dazu bei, Arbeitsprozesse zu automatisieren, die bisher Menschen in monotoner Folge, im Zwangsrhythmus und unter physisch schweren, gesundheitsschädigenden Bedingungen ausführen. H. in bisherigen Bauformen als auch zukünftige Typen von Handhabeinrichtungen mit Fähigkeiten, für hochgradig selbsttätig ablaufende, bedienarme Produktionsprozesse eingesetzt zu werden, stellen einen wesentlichen Schritt zur vollautomatischen Fabrik der Zukunft dar.

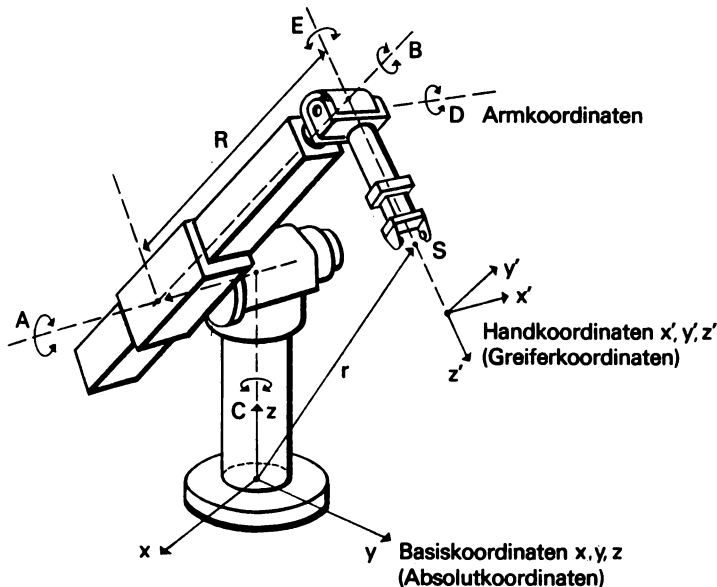
Handhabetechnologie: Festlegung zum Handhabeablauf, also der Aufeinanderfolge der Handhabeoperationen und der dazu notwendigen technischen Mittel und Zeiten.

Handhabevorgang $\rightarrow$ Handhabeoperation.

Handhabezyklus $\rightarrow$ Bewegungszyklus.

Handkippeinheit: Schwenkeinheit zur Erzeugung einer Kippbewegung des Greifers (*Greiferachse*). Bei einem Baukastengreifer ist die H. eine gesonderte Baugruppe.

Handkoordinaten, Greifpunktkoordinaten: auf die Greiferhand mit dem Greifpunkt S eines IR bezogene Koordinaten. Bei Handhabeoperationen interessiert hauptsächlich die Wechselwirkung zwischen HHO und dem Arbeitsorgan. Es ist daher sinnvoll, bei der mathematischen Beschreibung der Armbewegung von der Hand auszugehen. Dazu bedient man sich eines



Handkoordinaten an einem sechsarmigen Manipulator (Scheinmann-Arm)

Referenzpunktes, der in der Mitte zwischen den Greifbacken oder an einem anderen charakteristischen Punkt im Bereich des Greifers liegt. Der Zustand des Manipulators wird dabei durch die Position der Hand und ihrer Orientierung beschrieben, indem der Ortsvektor $r = f(C, A, R, D, E, B)$ angegeben wird. Der so beschriebene Referenzpunkt S ist der Ursprung eines zweiten orthogonalen Koordinatensystems, das die Orientierung des Greifers beschreibt. Ortsvektor und Orientierung der H. werden durch die Stellung der einzelnen Bewegungsachsen festgelegt. Abb.

Handling [engl.] ↗ Handhaben.

Handling-Gerät [engl.]: 1. ↗ Handhabeeinrichtung. – 2. ↗ Einlegeeinrichtung.

Handmanipulator: 1. ↗ Synchronmanipulator. – 2. ↗ Lastarmmanipulator.

Handschwenkeinheit: Dreheinheit zur Erzeugung einer Schwenkbewegung des Greifers (Greiferachse). Bei einem Baukastengreifer ist die H. eine gesonderte Baugruppe.

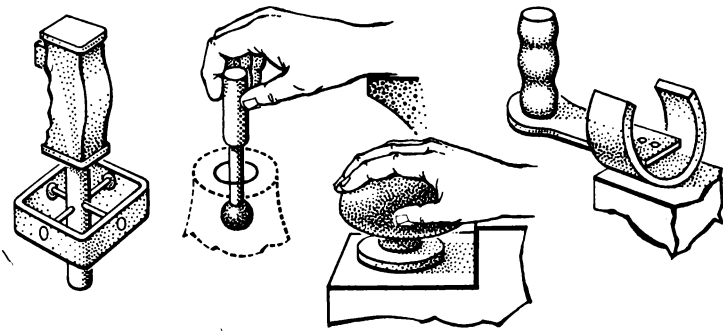
Handshake-Betrieb [engl.]: 1. Bezeichnung für die Funktionsweise des arbeitsteiligen Zusammenwirkens für Funktionsgruppen einer Steuerung oder einer EDV, z. B. mehrere Mikrorechner untereinander als ↗ Zentralverarbeitungseinheit mit peripheren Bausteinen. Sie besteht insbesondere darin, daß erteilte „Aufträge“ nach Abschluß der Bearbeitung oder nach Erreichen des gewünschten Resultats an die auslösende Funktionseinheit oder an andere, vom Auftragsresultat abhängige Funktionseinheiten quittiert werden. Die eigentliche Auftragsbearbeitung erfolgt durch die betreffende Funktionseinheit ohne Mitwirkung anderer Funktionseinheiten.

2. in der IR-Technik die Fortsetzung des Programmablaufs, wenn der erfolgreiche Abschluß eines vorhergehenden Vorgangs durch ein Quittierungssignal bestätigt wurde, z. B. „Werkstück gespannt“. Um unerlaubte Systemzustände im Zusammenwirken von IR und Peripherie zu verhindern, wird die ↗ Verriegelung angewendet. Demnach darf bei einer Maschinenbeschickung der Handhabevorgang erst dann beginnen, wenn die Maschine dazu bereit ist, d. h. bei Spindelstillstand und geöffnetem Verdeck. Andererseits darf die Maschine erst mit der Bearbeitung beginnen, wenn sie von der IR-Steuerung eine Fertigmeldung bekommen hat.

Handsteuergriff, **Steuerknüppel**: Mehrkoordinatenschalter, der einem Operateur dazu dient, den Arm eines Manipulators, insbesondere eines Synchronmanipulators, nach Sicht zu steuern. Die Handauflage kann unterschiedlich gestaltet sein. Abb. S. 143.

Handsteuerung: Steuerung der Bewegungen der Achsen und des Greifers eines IR durch Betätigen von Bedienelementen. Gewöhnlich werden die Bewegungsachsen eines IR einzeln verfahren, wobei für jede Bewegungsrichtung je eine Taste vorhanden ist. Die H. wird benötigt, um z. B. den Greifer in eine bestimmte Ausgangslage zu bringen oder zum Anfahren der Arbeitspunkte beim Programmieren.

Handyman [engl.]: doppelarmiger elektrohydraulischer ↗ Master-Slave-Manipulator. Er wurde 1958 von R. Goertz im Auftrag von General Electric im Argonne National Laboratories geschaffen und sollte bei der Entwicklung



Ausführungsformen von Handsteuergriffen

nuklearer Flugzeugantriebe eingesetzt werden. Der Operateur trägt je Arm ein $\nearrow$ Außenskelett in der Art eines *mechanischen Handschuhs*. Der Manipulator hatte 10 Bewegungsachsen, davon 4 in der Zweifingerhand. Die Finger konnten einzeln bewegt und gekrümmt werden.

Hängebalancer: an der Decke befestigter $\nearrow$ Lastarmmanipulator (Balancer). Der H. benötigt keine Standfläche; seine Bedienung unterscheidet sich aber von der eines Standgerätes nicht. Lastarmmanipulatoren dienen dem mechanisierten Heben von Lasten, wobei die Last mit Haken, Greifer, Sauger oder Magnet aufgenommen werden kann.

Hängedornspeicher: Speicher für Werkstücke mit einer größeren Bohrung. Der Dorn ist Bestandteil eines Hängekreisförderers und hat am unteren Ende eine Rasteinrichtung, mit der die von unten aufgeschobenen Werkstücke gegen Herausfallen gesichert werden. Das Ein- und Ausgeben von Werkstücken wird durch eine stationäre Hubeinrichtung ausgeführt, auf deren Hubteller der IR das Teil ablegt oder abholt.

Hängekreisförderer: deckengebundene innerbetriebliche Fördereinrichtung, bei der ein endloser Umlauf von Lastaufnahmeeinrichtungen, z. B. Gehänge, eine Verkettung mehrerer Arbeitsbereiche ermöglicht. Beim Ablegen oder Aufnehmen von HHO durch einen IR sollte der H. anhalten. Das Abnehmen während der Bewegung erfordert Sensoren und geeignete IR. Vgl. Nachführrahmen, Nachführsteuerung.

Hardware [engl.]: Bezeichnung für die gerätetechnische, elektrische und mechanische Ausstattung von Rechanlagen und Rechnersteuerungen. Vgl. Software.

Harmonic-Drive-Differentialgetriebe $\nearrow$ Wellgetriebe.

Harmonic-Drive-Getriebe $\nearrow$ Wellgetriebe.

Hartenberg-Denavit-Notation: Methode zur äquivalenten Beschreibung der kinematischen Struktur eines IR mit Hilfe einer Transformationsmatrix. Damit wird es möglich, die relative Lage eines Getriebegliedes i gegenüber einem Getriebeglied $i-1$ durch die vorzeichenbehafteten Parameter d_i (Achsenabstand), δ_i (Achsenwinkel), φ_i (Antriebsdrehwinkel) und s_i (Schubweg) hinreichend zu bestimmen. Die allgemeine Transformationsmatrix

$A_{i,i-1}$ für die Umrechnung der Vektoren eines Punktes in 2 benachbarte Getriebeglieder i und $i-1$ lautet

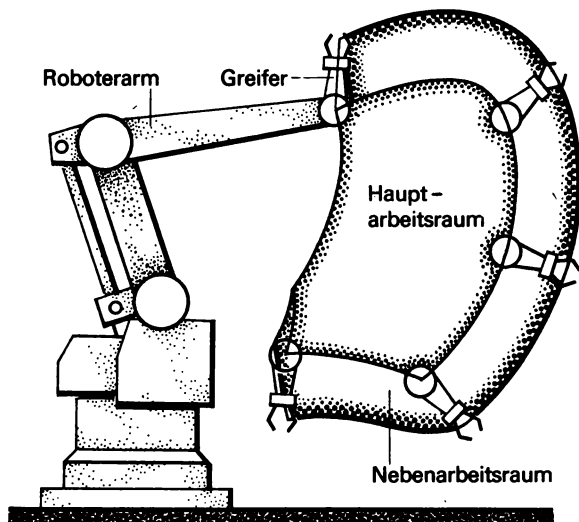
$$A_{i,i-1} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ d_{i,i-1} \cos \varphi_{i,i-1} & \cos \varphi_{i,i-1} & -\sin \varphi_{i,i-1} \cos \delta_{i,i-1} & \sin \varphi_{i,i-1} \sin \delta_{i,i-1} \\ d_{i,i-1} \sin \varphi_{i,i-1} & \sin \varphi_{i,i-1} & \cos \varphi_{i,i-1} \cos \delta_{i,i-1} & -\cos \varphi_{i,i-1} \sin \delta_{i,i-1} \\ s_{i,i-1} & 0 & \sin \delta_{i,i-1} & \cos \delta_{i,i-1} \end{pmatrix}$$

Hartenberg-Denavit-Parameter: Parameter zur Beschreibung kinematischer Strukturen nach der Hartenberg-Denavit-Notation. Tab.

Haufwerk: unbestimmte Menge ungeordneter, an einer Stelle befindlicher HHO. Automatisches Handhaben solcher Objekte erfordert Handhabeeinrichtungen, die den Griff in die Kiste beherrschen.

Beispiel für die Beschreibung eines IR mit 6 Gelenken und 7 Getriebegliedern

i	$i+1$	s in mm	φ in rad	d in mm	ϑ in rad
2	1	400	$\varphi = \varphi(t)$	200	0
3	2	$s = s(t)$	$-\pi/2$	300	$-\pi/2$
4	3	$s = s(t)$	$+\pi/6$	100	0
5	4	150	$\varphi = \varphi(t)$	80	$-\pi/2$
6	5	200	$\varphi = \varphi(t)$	60	$-\pi/2$
7	6	100	$\varphi = \varphi(t)$	60	$+\pi/2$



Hauptarbeitsraum: Unterscheidung von Haupt- und Nebearbeitsraum

Hauptachse ↗ Achsenbezeichnung.

Hauptarbeitsraum: Bereich, den ein Industrieroboterarm entsprechend seiner kinematischen Auslegung bestreichen kann. Die beim Bewegen des Handgelenks und des Greifers durchfahrenen Bereiche sind Nebenarbeitsräume. Beide Räume zusammen ergeben den Arbeits- oder Handhaberaum. Abb. S. 144.

Hauptformelement ↗ Formelement.

Hauptprogramm: in der IR-Technik Bezeichnung für ein Programm, das durch eine Bedienhandlung an der IR-Steuerung oder durch ein Signal von außen gesteuert werden kann. Im Gegensatz dazu wird ein Unterprogramm durch einen Befehl im H. oder in einem übergeordneten Unterprogramm gestartet. Die Kennzeichnung erfolgt in ↗ NC-Kodes durch das Zeichen %.

Hauptroboter: sensorisierter und ausreichend beweglicher Roboter, der besonders in Montagezentren für das Fügen vorgesehen ist. Das Heranbringen von Teilen aus einem Magazin kann arbeitsteilig einem Hilfsroboter zugeordnet sein.

Hauptschalter, Gefahrenschalter: handbetätigter Nockenschalter zum Ein- und Ausschalten der Elektroenergieversorgung für die gesamte IR-Ausrüstung, wie IR-Steuerung, IR, Hydraulikaggregat, einschließlich der Steuerungsspannungen.

Hauptzyklus: äußerer Zyklus im Arbeitsablauf eines IR, der von der sich automatisch wiederholenden technologischen Arbeitsaufgabe bestimmt wird, z. B. Teil x aus Rohteilpalette entnehmen, in die Bearbeitungsmaschine einlegen, nach der Bearbeitung entnehmen und in die Fertigteilpalette ablegen. Dagegen verlangt das jeweilige aktuelle Teil x, daß sich die Greiferpositionen für die Palettenpunkte ändern, was durch Unterzyklen realisiert wird.

Haushaltroboter, Home-Robot: anthropomorpher Roboter für im Haushalt anfallende Dienstleistungen. Bisher gefertigte H. sind den Schaustellungsrobotern ähnlich und unterscheiden sich nur durch modernere Bauelemente von den ↗ Androiden aus dem 18. Jahrhundert. Wesentlich wäre, auch das Umfeld des Roboters robotergerecht zu gestalten. Als H. bezeichnete Einrichtungen sind für selbständiges Arbeiten noch nicht zu gebrauchen. Der englische Mathematiker *A. M. Turing* (1912 bis 1954) hat bereits in den fünfziger Jahren angegeben, daß ein H. 1,2 m lange Arme mit einer Tragkraft von jeweils 400 N haben sollte. Spezielle H., z. B. zum Reinigen von Fußböden und Hochhaufenstern, sind sinnvoller und wurden bereits als Labormuster hergestellt.

Havarieschutz ↗ Kollisionskontrolle.

HD-Getriebe: Abk. für *Harmonic-Drive-Getriebe*. ↗ Wellgetriebe.

HELP: in Italien entwickelte Programmiersprache für IR. HELP ist eine explizite Programmiersprache, d. h. jeder Bahnpunkt bzw. jedes Wegelement ist durch eine Anweisung zu beschreiben. Tab.

Hexapode [griech. Sechsfüßer]: Bezeichnung für alle Insekten. In der Robotertechnik werden sechsbeinige Schreitmaschinen als H. bezeichnet. Sie dienen vorerst Forschungszwecken. Das wissenschaftlich-technische Problem besteht im Erzielen eines Kompromisses zwischen Stabilität und

Beispiel der Programmiersprache HELP

Programm	Erläuterung
GRASP	Greifer schließen
MOVE (100, 200, 50)	x = 100, y = 200, z = 50
MOVE (400, 200, 50)	x = 400, y = 200, z = 50
MOVE (400, 90, 50)	x = 400, y = 90, z = 50
UNGRASP	Greifer öffnen

Komplexität. Für intelligente, adaptive H. sind Mehrebenensteuerungsarchitekturen in hochentwickelten Sprachen vorgesehen.

HHO: Abk. für ↗ Handhabeobjekt.

Hierarchie ↗ Steuerungshierarchie.

Hilfsachse ↗ Achsenbezeichnung.

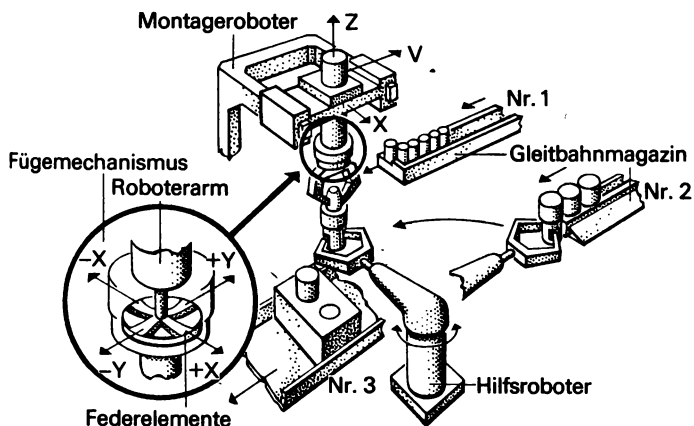
Hilfsbefehl: Befehlstyp in NC-Kodes zur Ergänzung anderer Befehle, wie Zusatzfunktionen oder Wegbedingungen. H. definieren z. B. Variable, wie Eingänge, Ausgänge, Zeitstufen, Zähler, Variablenwerte, wie logisches 0 oder 1 für Ein- und Ausgänge oder Werte für Verweilzeiten oder Zähler und Variablenadressen, wie Zuordnung der Anschlußstelle des Signals an der ↗ PEAS oder eine Zählernummer. Als Zeichen werden der Buchstabe H und daran anschließend eine numerische oder alphanumerische Zeichenfolge verwendet.

Hilfsroboter: Handhabeeinrichtungen in Montagezentren, die einfache Zuführaufgaben ausführen, während das eigentliche Fügen vom sensorisierten und besonders beweglichen Hauptroboter erfolgt. Der H. ist ein einfacher Manipulator, der nur in geringem Maße über veränderliche Programme verfügt.

Hilfsspeicherplatz: Anordnung einer zeitweiligen Werkstückablageposition in der Nähe der Bearbeitungsstelle, um eine Verkürzung der Handhabezeiten, insbesondere bei Anwendung von IR mit Einhandgreifern zu erreichen. Der H. kann aus einer oder mehreren Werkstückablagepositionen bestehen und wird auch als Vordeponierplatz, Maschinenspeicherplatz oder maschinengebundener Speicherplatz bezeichnet.

Hilfszeughandhabung: automatisches Handhaben von Einrichtungen, die zur Sensorführung eines IR dienen, z. B. zum Erkennen von Werkstücken oder zum Lesen von Kodierungen (↗ Strichkode) und für Zusatzfunktionen, wie das Reinigen von Werkzeugaufnahmeverrichtungen oder Meßflächen. Die H. kann einem IR übertragen, aber auch von spezialisierten Einrichtungen ausgeführt werden.

HI-T-Hand: Bezeichnung für ein 1972 von der Firma *Hitachi* (Japan) entwickeltes Montagerobotersystem für das Fügen eines Bolzens in eine Bohrung, wobei ein adaptiver Greifkopf mit Hilfe verschiedener Suchmuster mit dem Bolzen die Bohrung ertastet. Die Suchzeit beträgt bis zu 2 s. Es können Bolzen mit z. B. einer Toleranz von 20 µm bei einem Durchmesser von 20 mm gefügt werden. Der Greifer enthält 14 Berührungs-, 4 Druck-



HI-T-Hand: Ablauf beim Fügen mit sensorisierter Hand

und 6 Kraftsensoren. Die Steuerung erfolgt mit dem Rechner HITAC 7250. Abb.

Hochgeschwindigkeitsroboter: Roboter, der hohe Verfahrensgeschwindigkeiten erreichen kann und für das Verfahren von einem Raumpunkt zu einem anderen (bei 300 bis 500 mm Verfahrensweg) z. B. Zykluszeiten um 2 s ermöglicht. Neben hohen Maximalgeschwindigkeiten bestimmt vor allem das schnelle Einfahren in eine Position den Geschwindigkeitsdurchschnittswert. Dazu sind leistungsstarke, möglichst direkt wirkende Antriebe (Direktarmantrieb), kleine bewegte Massen und reibungsarme Führungen (Wälzelement, -führung) nötig.

H. werden z. B. zum Handhaben an Umformautomaten, zur Mehrmaschinenbeschickung, zur Erzeugnismontage und zur Verkettung von Automaten eingesetzt.

Hochregallager: eingeschossiges Lagergebäude, in dem HHO aller Art in Regalen mit einer Stapelhöhe von mehr als 6,0 m untergebracht werden.

Hohlläufermotor mit Innenmagnetsystem: Gleichstromstellmotor mit Permanentmagnetenerregung, dessen Anker die Form eines Zylindermantels besitzt. Der Motor weist ein kleines Trägheitsmoment, gute dynamische Eigenschaften und eine geringe Welligkeit des Drehmoments auf.

Home-Robot [engl., Heimroboter]: 1. ↗ Haushaltsroboter. – 2. ↗ Personalroboter. – 3. ↗ Serviceroboter.

Homunkulus ↗ künstlicher Mensch.

Hubachse ↗ Hubeinheit.

Hubbalkenförderer: Weitergabereinrichtung mit Speicherwirkung, bei der die im Winkel von 15 bis 20° auf feststehenden glatten Leisten hängenden Werkstücke, z. B. Pleuel, durch einen darunterliegenden auf- und abwärts bewegten Hubbalken angehoben werden und dabei in Förderrichtung abkippen.

Hubeinheit: IR-Baugruppe, als senkrecht arbeitende ↗ Lineareinheit, an der gewöhnlich eine waagerechte Lineareinheit mit dem Greifer befestigt wird. Die Nenngrößen und die Anschlußmaße der Kopplungsflächen sind maßlich gestuft und aufeinander abgestimmt. Ist der ausführbare Hub klein, wird die Einheit als Kurz-H. bezeichnet.

Hubmagazin: Werkstückspeicher für geordnetes Arbeitsgut, bei dem das jeweils oben liegende Werkstück abgenommen und der H.inhalt durch eine Hubeinrichtung taktweise angehoben wird.

Hubmagnet, Lasthebemagnet: Magnet zur kraftschlüssigen Aufnahme ferromagnetischer Güter. Vgl. Magnetgreifer, Magnetpulvergreifer.

Hubsauger: Saugergreifer, bei dem nach dem Ansaugen eines Werkstücks im Greifer selbst durch Unterdruck eine kleine Hubbewegung ausgeführt wird. Damit vereinfacht sich der von der Handhabeeinrichtung auszuführende Bewegungsablauf.

Hubtisch: tischförmige Ebene in Form einer Platte oder eines Rollbahnstücks, die durch einen Hubmechanismus mit elektromechanischem oder hydraulischem Antrieb gehoben oder gesenkt werden kann. Der H. dient vor allem zur Aufnahme von plattenförmigem Arbeitsgut, mitunter auch von Werkstückspeichern. Für das Ablegen oder Aufnehmen von HHO durch einen IR genügt das Anfahren eines Raumpunkts, da die sich verändernde Stapelhöhe durch den H. ausgeglichen wird.

Huckepackroboter ↗ Industrieroboter, maschinenintegrierter.

Hüpfmechanismus: einbeiniger Apparat, der sich durch ständiges Hüpfen vorwärts bewegt und dabei das Gleichgewicht hält. Er stellt ein wichtiges Balanceproblem dar und dient Forschungszwecken. Abb.

Hydraulik: Anwendung der Lehre von den Gesetzen ruhender und bewegter Flüssigkeiten, z. B. Öl, in der Technik. Im IR-Bau ist vor allem die kombinierte Anwendung von Elektrik und Hydrostatik üblich.

Hydraulikaggregat: Teil einer Hydraulikanlage, der als zusammengehörige Einheit zur Bereitstellung und Steuerung eines Hydraulikfluidstroms dient. Druckstromverbraucher gehören nicht zum H. In geschlossener Bauform wird das H. auch als *Hydraulikschrank* bezeichnet.

Hydraulikanlage: Gesamtheit aller hydraulisch wirkenden Einrichtungen, die in energiewirksamen oder informationsverarbeitenden Prozessen für einen bestimmten Anwendungsfall eingesetzt sind.

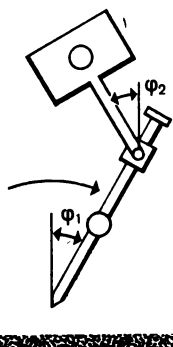
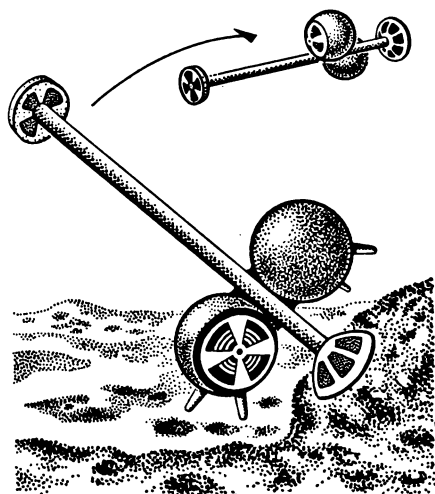
Nach funktionellen Merkmalen gehören die 4 Hauptgruppen Druckstromerzeuger, -verbraucher, Steuer- und Regelgeräte sowie Hydraulikzubehör zu einer H.

Hydraulikantrieb: Antrieb, bei dem die Energie vorzugsweise unter Ausnutzung relativ hoher statischer Drücke übertragen wird. Die dynamischen Drücke sind bezüglich der Kraft- oder Energieübertragung unbedeutend, da die Flüssigkeitgeschwindigkeiten i. allg. nicht größer als 6 m/s sind.

Hydraulikschrank ↗ Hydraulikaggregat.

Hydraulikzylinder ↗ Arbeitszylinder.

Hydromotor: alle Einrichtungen, die hydraulische Energie in mechanische Kräfte oder Momente umsetzen. Es werden H.en, die geradlinige Bewegungen erzeugen (↗ Arbeitszylinder) von H.en für Drehbewegungen, wie Zahn-



Hüpfmechanismen

rad-, Flügel- oder Kolben-H.en unterschieden. Vgl. Axialkolbenmotor, Donzelli-Servomotor, Gerotormotor.

hydrostatischer Antrieb: 1. ↗ Hydraulikantrieb. – 2. ↗ Pneumatikantrieb.

I

Identifizierung: eindeutiges und unverwechselbares Erkennen eines Nummerungsobjekts innerhalb eines Geltungsbereichs mit Hilfe der erforderlichen Merkmale. Die I. von kodierten Werkzeugen oder kodierten Werkstücken bzw. Werkstückträgern wird in bedienarmen oder bedienlosen flexiblen Fertigungssystemen automatisch ausgeführt.

Identitätprüfen: in der Handhabetechnik das Feststellen der völligen Gleichheit von HHO. Vgl. Prüfen.

IFAC [engl., Abk. für International Federation of Automatic Control]: ↗ Internationale Vereinigung der Automatisierungstechniker.

IFSP: Abk. für Interface, sternförmig, parallel.

IFSS: Abk. für Interface, sternförmig, seriell.

IFTOMM [engl., Abk. für International Federation for the Theorie of Machines and Mechanisms]: Internationale Föderation für die Theorie der Maschinen und Mechanismen.

IGFA: Abk. für ↗ integrierter gegenstandsspezialisierter Fertigungsabschnitt.

IGR: Abk. für Inkrementalgeber, rotatorischer.

IKT: Abk. für *inverse Koordinaten/*transformation. ↗ Koordinatentransformation, inverse.

Implementierung: Realisierung von (Steuerungs-) Algorithmen durch Programme.

Impulsgeber: ein i. allg. rotierender Geber, der je Umdrehung oder je definiertem Winkelschritt einen elektrischen Impuls abgibt und verschiedenartig auswertbar ist, z. B. zur Messung von Drehzahlen oder Umdrehungszahlen. Der I. kann auch als einfache Ausführung eines rotatorischen ↗ Inkrementalgebers verwendet werden.

Inbetriebnahmegerät: Gerät zur Entwicklung und Testung von Anwendersystemen im Stadium der Inbetriebnahme von programmierbaren Steuerungen. Mit Hilfe eines RAM-Speichermoduls können Programme neu erstellt bzw. vorhandene geändert werden. Das I. ist nur in Kopplung mit der Steuerung funktionsfähig. Neben Bedienfunktionen gewährleistet das I. die Anzeige des Programmspeicherinhalts, der aktuellen Werte und Variablen sowie interne Zustände, z. B. Registerinhalte.

Indexregister: Arbeitsspeicher in einer (IR-) Rechnersteuerung, der der Adressenbildung dient. Das I. enthält Adressen, die bei Anwendung von Befehlen mit indizierter Adressierung wirksam werden. Sie wird benutzt, um die Adresse der Speicherzelle zu bezeichnen, auf der ein für eine notwendige Instruktion erforderlicher Operand steht.

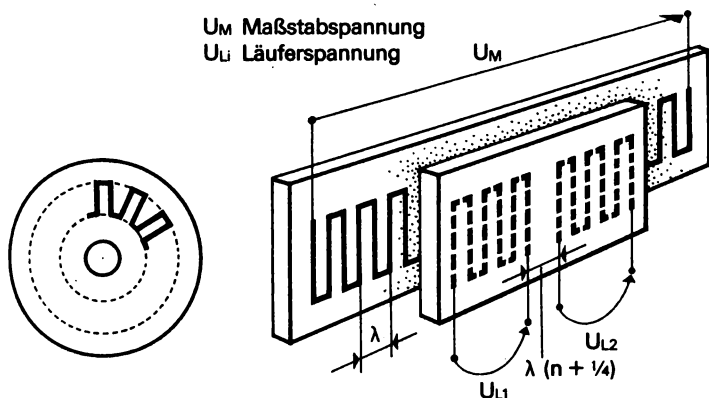
Indikator: Bezeichnung für einen Sensor, der eine Information über die Anwesenheit bestimmter Stoffe oder Energien am Meßort liefert. Dabei erfolgt häufig eine binäre Quantisierung des Informationsparameters.

indirektes Teach-in ↗ Teach-in-Programmierung, indirekte.

Inductosyn, Rundinductosyn: Wegmeßsystem, das nach einem zyklisch-absoluten Meßverfahren arbeitet. Es werden Linear-I. und Rund-I. unterschieden. Das Linear-I. besteht aus einem Maßstab (Skale) und einem Läufer (Slider), wobei auf einem Trägermaterial mäanderförmig Leiterbahnen aufgebracht sind. Das Leiterzugbild wiederholt sich periodisch mit der sogenannten Wellenlänge λ , deren typischer Wert 2 mm beträgt. Der Läufer enthält 2 Leiterzuganordnungen hintereinander, die zueinander einen definierten Abstand haben müssen. Der Luftspalt zwischen Maßstab und Läufer beträgt etwa 0,3 mm. Der Läufer entspricht funktionell dem Stator beim Resolver, d. h. durch Erregung mit um 90° elektrisch phasenverschobenen sinusförmigen Strömen baut sich ein Magnetfeld auf, das den Maßstab durchsetzt, so daß die Phasenlage der Spannung U_M abhängig ist von der Relativposition des Maßstabs zum Läufer. Eine spezielle Bauart des Linear-I. ist das Band-I.

Das Rund-I. besteht aus 2 Scheiben, bei denen die Leiterzüge radialförmig aufgebracht sind. Der Stator hat eine, der Rotor 2 Leiterzugbahnen. Die Anzahl der sich periodisch auf dem Stator wiederholenden Leiterzugschnitte wird als Polpaarzahl p bezeichnet ($p = 90$ bis 1000).

Einer vollen Umdrehung des Resolvers entspricht beim Linear-I. einer Linearbewegung um eine Wellenlänge λ bzw. beim Rund-I. einer Drehbewegung um einen Winkel $360^\circ/p$. Die elektrischen Ansteuerparameter und Werte für die Frequenzen unterscheiden sich von denen des Resolvers.



Rundinductosyn

Linearinductosyn

Aufbau eines Inductosyn

I. eignen sich für hohe Auflösungen bis $\pm 1 \mu\text{m}$ bzw. $\pm 1/2''$ bei direkter Ankopplung an die Bewegungseinheiten ($\nearrow$ Auflösungsvermögen). Abb. S. 151.

Industrial Handling [engl.]: 1. Oberbegriff für alle von maschinellen Einrichtungen durchführbaren, den Material- und Teilefluß im Maschinenbau betreffenden Vorgänge. – 2. Name einer internationalen Fachmesse in der Schweiz für Automatisierung und Rationalisierung des industriellen Arbeitsplatzes.

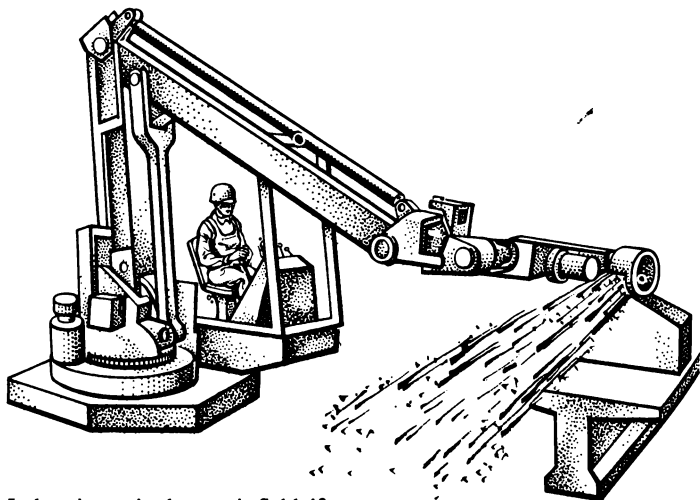
Industriemanipulator: nach Sicht handsteuerbarer, zeitsynchron arbeitender Manipulator für den Industrieinsatz. Er kann schwere unförmige Werkstücke aufnehmen aber z. B. auch Schleifaggregate für Gußputzarbeiten handhaben. Der Steuerarm hat die gleiche kinematische Struktur wie der Manipulator. Der Bediener bewegt den Handgriff jeweils proportional zu den Fahrwegen und -winkeln in den installierten Bewegungsachsen. Vgl. Lastarmmanipulator. Abb. S. 152.

Industrieroboter, Abk. IR: technische Mittel, die der selbständigen Handhabung von Werkstücken, Werkzeugen und Materialien zur Automatisierung von Haupt- und Hilfsprozessen in der Industrie dienen. Ihr primäres Merkmal ist die Bewegung. Im Detail unterscheiden sich die in verschiedenen Ländern ausgearbeiteten Definitionen mehr oder weniger.

So legte z. B. das Robot Institut of America 1979 fest: „Ein IR ist ein frei programmierbarer Manipulator mit mehreren Funktionen, dafür konstruiert, Material, Werkstücke, Werkzeuge oder Sondergeräte zu handhaben und durch ein änderbares Programm von Bewegungen eine Vielfalt von Aufgaben zu erledigen.“

In der DDR werden sowohl festprogrammierte als auch frei programmierbare Einrichtungen als IR-Technik bezeichnet.

In Japan werden Roboter in die 6 Kategorien manuell gesteuerte, fest programmierte, frei programmierbare, programmgesteuerte ohne Eigenintelli-



Industriemanipulator mit Schleifaggregat

genz, numerisch gesteuerte und intelligente gestuft. Eine japanische Definition aus dem Jahre 1977 lautet: „Ein IR ist eine Maschine, die in der Lage ist, vielfältige Bewegungen auszuführen, ähnlich denen der oberen Gliedmaßen eines Menschen, oder die sensorische und erkennende Fähigkeiten hat und in der Lage ist, ihr eigenes Verhalten zu steuern.“

Von der International Standardization Organization ISO wurde 1982 folgende IR-Definition vorgeschlagen: „An automatic servo controlled reprogrammable multifunctional manipulator having multiple axes, capable of handling materials, parts, tool or specialized devices through variable programmed operations for the performance of a variety of tasks. The industrial robot often has the appearance of one or more arms ending in a wrist, its control unit uses a memorizing device and sometimes it can use sensing and adaption appliances that take account of the environment and circumstances. These multipurpose machines are generally designed to carry out repetitive functions and can be adapted to other functions without permanent alterations of the equipment.“ (Der IR ist „ein automatischer, positionsgesteuerter, flexibel programmierbarer Multifunktionsmanipulator mit verschiedenen Achsen, der in der Lage ist, Materialien, Teile, Werkzeuge und Spezialinstrumente durch variabel programmierte Operationen zur Erledigung einer Vielzahl von Aufgaben zu bewegen. Der IR tritt häufig in Form eines oder mehrerer Arme auf, die in einem Gelenk enden. Seine Steuereinheit benutzt einen Speicher. Mitunter werden Sensoren und Zusatz Einrichtungen genutzt, die auf die Umgebung und äußere Einflüsse reagieren. Diese multifunktionalen Maschinen sind i. allg. dazu vorgesehen, sich wiederholende Funktionen auszuführen. Sie können an andere Funktionen ohne ständige Veränderung der Ausrüstung angepaßt werden.“)

Nach dieser Definition werden einfache automatische Manipulatoren, die für die Ausführung neuer Aufgaben mechanisch umgerüstet werden müssen, nicht zu den IR gezählt, wie das bisher in einzelnen Ländern üblich ist.

Unter *Reprogrammierbarkeit* der IR wird nicht der Austausch von Hardware, also Werkzeugen und mechanischen Teilen, sondern nur der Austausch von Eingabeeinheiten von Programmen (Software) verstanden.

Unterschiedliche Definitionen haben zur Folge, daß eingesetzte Stückzahlen von IR nicht ohne weiteres mit denen in anderen Ländern vergleichbar sind.

Gliederung: IR lassen sich nach verschiedenen Merkmalen gliedern, so z. B. nach dem Intelligenzgrad in IR der 1., 2. und 3. Generation (IR der 2. und 3. Generation verfügen über ↗ Sensoren); nach dem Spezialisierungsgrad in prozeßflexible und prozeßspezifische IR oder auch in Einzweck-IR bzw. Mehrzweck-IR; nach der auszuführenden Aufgabe in Handhabe-IR und Verfahrens-IR, nach der Bauweise in Kompakt-IR und Baukasten-IR; nach der Art der Programmverwirklichung durch die Steuerung in IR mit verbindungsprogrammierter und speicherprogrammierbarer Steuerung; nach der Antriebsart in hydraulisch, pneumatisch und elektromechanisch angetriebene IR; nach dem konstruktiven Aufbau und der Anordnung des Gestells in Ständer-, Säulen-, Portal-, Ausleger-IR u. a.; nach dem Integrationsgrad in maschinenintegrierte IR und eigenständige IR u. a.

Von *Jurewitsch* (UdSSR) wird eine Klassifizierung der Manipulatoren und IR sowie der robotertechnischen Komplexe in automatisch arbeitende (fest-angebaute, programmierbare, adaptive, intelligente), ferngesteuert arbeitende (drucktastergesteuerte, bewegungskopierende, halbautomatische, bildsensorgeführte, dialoggesteuerte) und handgesteuerte (in Gelenkbauweise und in Außenskelettbauweise ausgeführte) vorgeschlagen.

Geschichte: Das Wort „roboten“ kommt aus dem Slawischen und bedeutet fronen, schuften, schwer arbeiten. Der Name „Roboter“ wurde 1920 vom tschechischen Schriftsteller *Karel Čapek* für automatische Arbeiter geprägt. Er verwendet diesen Begriff in seinem Schauspiel „RUR“ (Rossums Universal Robots). Alle in dieser Zeit hergestellten Androiden dienten jedoch der Schaustellung und waren für industrielle Tätigkeit untauglich. Mit der Entwicklung der Fertigungstechnik wurden dann erste Ideen entwickelt, spezielle Handhabeautomaten vorzusehen (*J. Diebold* „Die automatische Fabrik“ 1951): „Zusätzlich zur Entwicklung flexibler, vollautomatischer Fertigungsmaschinen und von automatischen Materialzuführungsgeräten ist es notwendig, einen Weg zu finden, wie das Produkt automatisch von Maschine zu Maschine gebracht werden kann. Das ist ein interessantes und auch sehr wichtiges Problem. Es ist offensichtlich, daß für vollautomatische Fabriken irgendein Typ von beweglichen und universal einsetzbaren Einrichtungen für die Materialhandhabung notwendig ist.“

1956 wurden von *George C. Devol* (USA) erste Vorstellungen zum Aufbau von Handhabeautomaten geäußert. Mit dem US-Patent 2988237 wurde ihm 1961 eine Erfindung über „Programmierte Übergabe von Artikeln“ anerkannt. Nach mehrjähriger Entwicklung wurde im gleichen Jahr der erste

IR für das Entnehmen von Gußteilen aus einer Druckgießmaschine eingesetzt. Die Anfang der sechziger Jahre eingesetzten ersten freiprogrammierbaren IR in technologischen Prozessen konnten sich zunächst nur schwer durchsetzen. Sie waren kostspielig, von nur geringer ökonomischer Effektivität, wenig flexibel und nicht selten führten neue Erzeugnisse oder Technologien zu ihrem frühzeitigen moralischen Verschleiß. Mitte der siebziger Jahre zeichnete sich jedoch ein grundsätzlicher Wandel ab. Obwohl die mechanisch-pneumatischen und hydraulischen Grundlagen der Robotertechnik im wesentlichen unverändert blieben, setzte unter dem Einfluß der Mikroelektronik eine beträchtliche Umwälzung in der Steuerungstechnik ein. Die Mikroelektronik ermöglichte nun, den IR mit hochleistungsfähiger Rechentechnik und entsprechender Speicherkapazität auszustatten. Seither hat sich ein großer Wandel vollzogen. 1980 waren weltweit etwa 25 000 freiprogrammierbare IR im Einsatz (nach *Kosirev*). Ende 1984 waren es etwa 120 000 IR. Für das Jahr 2000 wird ein Bestand von 10 bis 15 Mill. geschätzt.

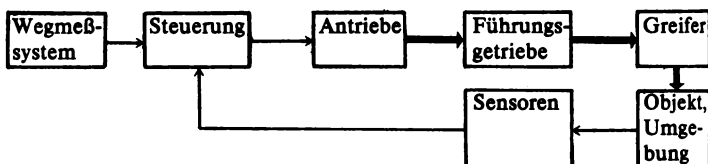
In der DDR wurde an der Technischen Hochschule Karl-Marx-Stadt der erste IR für Forschungszwecke unter Prof. *Volmer* entwickelt und Ende 1976 in Betrieb genommen; der erste Prototyp für einen Serien-IR entstand 1979 mit dem IR 20 NC an der Ingenieurhochschule Zwickau. Tab.

Aufbau und Funktion: Freiprogrammierbare IR – das sind solche, deren Arme unabhängig voneinander in je verschiedenen Richtungen bewegbar sind – bestehen aus 12 000 bis 15 000 Einzelteilen und lassen sich in

Zeittafel zur Entwicklung der IR

1951/1956	erste Vorstellungen über programmierbare Handhabeautomaten
1962	erster Einsatz eines IR (IR „Unimate 1900“)
1967	IR-Herstellung in Großbritannien nach USA-Lizenz
1968	Fertigungsbeginn von IR in der Schweiz und in Japan
1968	Unterwasserroboter mit Rechnersteuerung (UdSSR)
1971	IR-Produktion in der BRD und in der UdSSR (Universal 50, UM 1, UPK-1)
1972	IR-Produktion in Frankreich aufgenommen
1973	IR-Produktion in Italien begonnen

Hauptbaugruppen eines Industrieroboters (⇒ Energiefluß, → Informationsfluß)



mehrere Teilsysteme gliedern. Das sind neben der Kinematik des Bewegungssystems das Antriebs-, Steuer- und Meßsystem sowie das Arbeits- und Greifsystem. Das Bewegungssystem ist durch die Bedingung bestimmt, daß das Anfahren beliebiger Punkte im Raum prinzipiell 3 Bewegungsachsen (Freiheitsgrad) notwendig macht. Zum Bewegen eines Werkzeugs oder Werkstücks in eine beliebige andere Lage sind nochmals 3 Bewegungsachsen für Schub- und bzw. oder Drehbewegungen erforderlich. Von der speziellen Arbeitsfunktion, die auf den IR übertragen werden soll, hängt es ab, ob der IR mit einem Greifsystem zur Teilehandhabung oder einer Halteeinrichtung für Bearbeitungswerkzeuge ausgestattet wird. Für komplexe Handhabevorgänge kann auch automatisches Wechseln des Greifers infrage kommen.

Der Antrieb der Bewegungsachsen kann hydraulisch, pneumatisch oder elektrisch erfolgen, wobei letzterer durch universelle Eignung immer häufiger verwendet wird.

Kernstück jeder IR-Technologie ist die mit einem entsprechend beweglich ausgelegten Geräteaufbau integrierte (frei-) programmierbare Steuerung. Sie vergleicht u. a. die von den Wegmeßsystemen gemeldeten Istpositionen, die der Greifer im Raum einnimmt, mit den vom Programm vorgegebenen Sollpositionen. Besteht Übereinstimmung, so wird der Antrieb der entsprechenden Bewegungsachse stillgesetzt.

Wirkorgane: Der unmittelbare Kontakt mit einem Objekt wird durch eine Greif- oder Werkzeugeinheit hergestellt. Greifeinheiten können z. B. Zangen-, Finger-, Magnet- und Saugergreifer sein. Werkzeugeinheiten bestehen aus Werkzeugen, Halteeinrichtungen und Bauteilen zum Ausführen technologischer Operationen, wie Schweißen, Farbspritzen, Schleifen, Sandstrahlen, Schäumen u. a. Zum Ausgleich von Lagefehlern sowie Abweichungen und Ungenauigkeiten beim Positionieren können zusätzlich Ausgleichseinheiten im Greifer nötig werden.

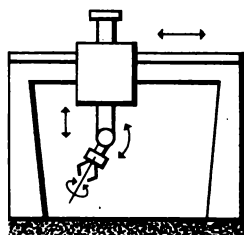
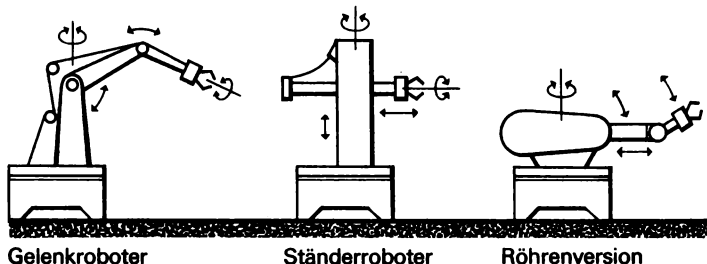
Steuerung: Die IR-Steuerung ist das ordnende, alles koordinierende und leitende Organ des IR. Der Grad seiner Flexibilität wird wesentlich davon bestimmt, ob die Steuerung festprogrammiert oder freiprogrammierbar ist. Bei numerischen Steuerungen werden alle Informationen in kodierter Form durch Ziffern und Buchstaben dargestellt. Bei nichtnumerischen Steuerungen dienen z. B. Anschläge und Nocken als Positionsgeber für Wege. Nach der Charakteristik der Bewegung kann eine Punkt- (Vielpunkt-) oder Bahnsteuerung vorliegen. In Abhängigkeit von der Einsatzcharakteristik benötigt ein freiprogrammierbarer IR eine Datenspeicherkapazität von 30 Kilobyte, das sind über 30000 Zeichen und eine Rechengeschwindigkeit von 50000 Operationen je Sekunde.

Programmierung: Ein IR kann direkt am Einsatzort programmiert werden oder es wird ein bereits vorhandenes Programm in die Steuerung eingegeben. Eine Programmierung am Einsatzort kann nach dem Teach-in-Verfahren bzw. durch ansteckbare Programmiergeräte und bzw. oder durch verstellbare Positionsgeber für die Verfahrenswege erfolgen. Beim direkten Teach-in wird das Handhabeprogramm vom Bediener durch manuelles Führen des Wirkorgans abgespeichert. Beim indirekten Teach-in wird der

IR durch eigene Kraft über Drucktaster auf Position gebracht. Die Positionswerte werden dann als Sollwerte abgespeichert.

Anwendung: Wichtiger Anwendungsbereich für IR ist die Automobilindustrie mit dem Einsatzschwerpunkt Punktschweißen. Schon etwa 1970 wurden IR in Großeinsätzen an Rohbautransferstraßen verwendet, was darauf hindeutet, daß sich die IR-Technologie für diese Aufgabe allgemein früher als für andere Verwendungszwecke als relativ ausgereift erwies und der Einführung weniger Barrieren entgegenstanden als anderswo. Mittlerweile werden in nahezu allen Industriezweigen, im Bauwesen, in Handel, Transport u. a., Roboter eingesetzt. Neben der Beschickung von Maschinen gewinnt der Einsatz von IR zum Handhaben von Werkzeugen sowie für die automatische Montage zunehmend an Bedeutung.

Einsatzvorbereitung: Die effektive Anwendung von IR erfordert ein hohes Maß an technologischer Vorbereitung. Ausgangspunkt sind Werkstück- und Prozeßanalysen. Nach der Erarbeitung und der Auswahl von Lösungsvarianten folgen die Etappen technologische Projektierung und Realisierung. Die Vorgehensweise wird stark davon beeinflusst, ob ein bereits realisierter Einsatzfall übertragen wird, ob eine einzelne Maschine zur technologischen Einheit entwickelt wird oder ob der Einsatzfall Teil einer komplexen Automatisierung ist. Die Vielgestaltigkeit der zu lösenden Aufgaben erfordert die Bildung interdisziplinärer Vorbereitungskollektive. Für die Auswahl eines IR werden vor allem die Kriterien Kosten, Tragfähigkeit, Anzahl von Bewegungsachsen, Antriebssystem, Steuerungsart, Programmie-

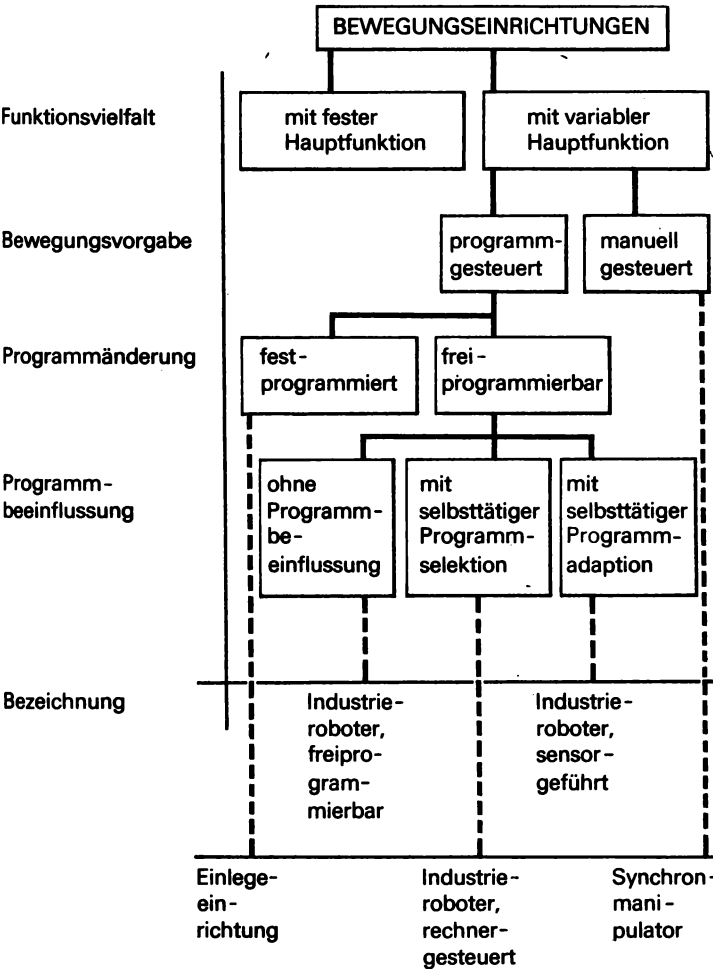


Portalroboter

Industrieroboter, Abb. 1: Bauformen von Industrierobotern

rung, Programmspeicherkapazität, Anpassungsfähigkeit, Instandhaltung, programmierbare Funktionen, Umgebungsbedingungen, Abmessungen, Größe des Arbeitsraumes, Eigenmasse, Leistung, Zykluszeit und Verfügbarkeit herangezogen.

Wirtschaftlichkeit: IR erhöhen nicht nur die ökonomischen Ergebnisse durch Freisetzung von 0,5 bis 3 Arbeitskräften je Schicht, sondern sie



Industrieroboter, Abb. 2: Gliederung der Industrieroboter und Manipulatoren

erhöhen oft auch die Maschinenauslastung, sichern eine gleichbleibend hohe Qualität der Erzeugnisse und verringern den Ausschuß. So spart z. B. ein Farbspritzroboter mehr als 10% Farbe gegenüber manueller Farbgebung ein.

Als Aufwand darf nicht nur der IR gesehen werden, sondern auch Ein- und Umbauten sowie periphere Einrichtungen sind bei Nutzensvorausberechnungen zu beachten.

Peripherie: Die Funktion eines IR ist i. allg. erst gesichert, wenn zusätzliche technische Einrichtungen installiert wurden, die die fehlende Universalität überbrücken. Dazu gehören Werkstückspeicher, Objekterkennungs- und Werkstückzubringeeinrichtungen, automatisierte Meß- und Prüfmittel, automatisierte Spann- und Positioniereinrichtungen sowie sicherheitstechnische Einrichtungen. In vielen Fällen beträgt das Aufwandsverhältnis IR und Peripherie 1 : 1. 2 Tab. 2 Abb.

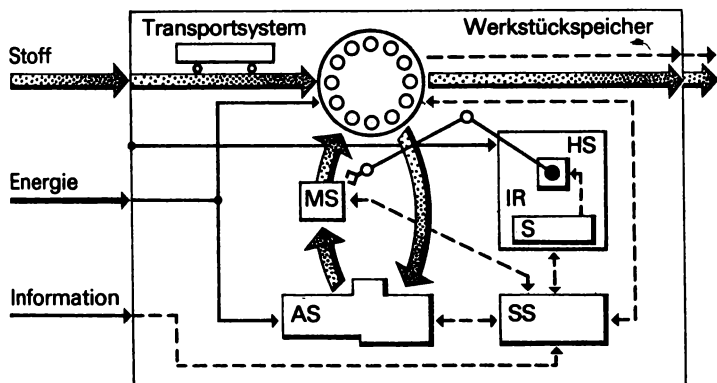
Industrieroboter, maschinenintegrierter, Huckepackroboter: Roboter, der keinen eigenen Ständer besitzt, direkt an eine Fertigungseinrichtung angebaut wurde und dessen Bewegungsablauf durch die Maschinensteuerung vorgegeben wird. Für den Betrieb des m. I. werden somit Elemente der Fertigungseinrichtung mit genutzt. Die m. I. sind deshalb gewöhnlich nicht als autonome Einrichtungen verwendbar und erfordern geringeren Platz- und Raumbedarf als die Ständerroboter. Sie werden für die Einmaschinenbeschickung verwendet. Nachteilig ist evtl. die Übertragung von Schwingungen beim Handhaben auf die Arbeitsgenauigkeit der Maschine, der Stillstand der gesamten Fertigungseinrichtung bei Störungen an m. I. und die Nichteignung für eine Mehrmaschinenbeschickung.

Industrieroboter, mobiler: Roboter, der nicht an einen festen Standort gebunden ist, sondern mit Hilfe eines meist an Schienen gebundenen Fahrwerks mit Antrieb ($\nearrow$ Verfahreinheit) an verschiedenen Stellen eingesetzt werden kann. Schienen oder Führungen mit dem Freiheitsgrad 1 können am Boden, an der Wand oder auf einem Balken (Portal) angeordnet sein. Bei Kombinationen mit frei am Boden oder nach Leitlinien verfahrbaren automatischen Transportsystemen ist ein zusätzlicher Freiheitsgrad von 2 bis 3 möglich.

Industrieroboter, prozeßflexibler: Roboter, der aufgrund seines niedrigen Spezialisierungsgrades als eigenständiger Bestandteil für unterschiedliche Teilprozesse einsetzbar ist. Das wesentlichste technisch-ökonomische Kriterium der p. I. ist somit die kurzzeitige Umprogrammierbarkeit als wichtige Voraussetzung für den Einsatz in der Klein- und Mittelserienfertigung mit sich oft ändernden Bewegungszyklen.

Industrieroboter, prozeßspezifischer: Roboter, der aufgrund seines hohen Spezialisierungsgrades mit der Maschine oder als eigenständiger Bestandteil in den technologischen Prozeß fest integriert und nur für bestimmte Teilprozesse einsetzbar ist. Er wird häufig für Einlege-, Entnahme- und Übergabeoperationen angewendet.

Industrieroboterarbeitsplatz: abgegrenzter räumlicher Bereich, in dem ein IR unmittelbar mit den Arbeitsmitteln und -gegenständen zum Zweck der Erfüllung von Fertigungsaufgaben zusammenwirkt. In der Abb. wird die



Industrieroboterarbeitsplatz: AS Arbeitssystem, MS Meß- und Prüfsystem, SS Steuersystem, S Steuerung, HS Handhabesystem

funktionale Struktur eines I. schematisch wiedergegeben. Sie zeigt die Verknüpfung der Teilsysteme durch den Stoff-, Informations- und Energiefluß sowohl untereinander als auch mit der Umwelt des I. und den Fertigungs- und Peripherieeinrichtungen. Abb.

Industrieroboterdatenbank: Datensammlung zur Entwicklung, Herstellung und Anwendung von IR-Technik einschließlich der Dokumentation von IR-Einsatzfällen und ihrer Ökonomie. Die I. dient der Information, des Nachweises und der Beurteilung der Einsatzfähigkeit von IR für beabsichtigte neue Anwendungen. Zu Recherchen, die i. allg. mit dem Rechner ausgeführt werden, benutzt man als relevante Merkmale z. B. Art, Anzahl und Anordnung der Bewegungsachsen (Kinematik), Arbeitsraumgröße, Lage des Arbeitsraums, Flächenbedarf, Gesamtmasse, Anschlußleistung, Tragfähigkeit, Verfahrwege und -winkel je Achse, Hauptabmessungen, Art der Programmierung und Steuerung, Positionierfehler, handhabbare Werkstücke und Preise (↗ Kenndaten).

Eine I. ermöglicht das rationelle Auffinden von analogen oder übereinstimmenden bereits realisierten Roboteranwendungen, eine Dokumentation des Weltstands sowie retrospektive wie selektive Informationserteilung zu allen Teilthemen der Robotertechnik einschließlich ihrer Grenzgebiete. Abb.

Industrieroboterdichte ↗ Roboterdichte.

Industrierobotersteuerung, Abk. IRS: Einrichtung zur algorithmischen Verarbeitung von Informationen für die Steuerung eines IR. Bestandteile der I. sind: Logikteil, Leistungsteil, Bedienteil, evtl. Anpaßteil, Stromversorgungsteil, Programmspeicher, Gefäßsystem (Einschübe, Einsätze, Kassetten, Rahmen, Schrank bzw. Pult), Software.

Zur weiteren Vervollkommenung der IR-Technik können bestimmte Bestandteile der steuerungstechnischen Informationsverarbeitung außerhalb der I., d. h. des Steuerschranks, realisiert sein. So kann sich z. B. die Bewe-

Technische Charakteristik von Industrierobotern (Auswahl); D Drehen,

Typen- bezeichnung	Hersteller- land	Struktur	Getriebe- freiheits- grad	Antriebsart
ASEA IRb 60	Schweden	DDD	3...5	elektrisch
AUTOHAND	Japan	DSS	4...5	pneumatisch
FANUC Model 1	Japan	DSS	5	elektrisch
HITACHI	Japan	DDD	5	elektrisch
IR 2 - S2	DDR	DSS	5	hydraulisch
IR 20	DDR	DSS	5	hydraulisch
IR 60 E	DDR	DDD	5	elektrisch
KONTUR	UdSSR	DDD	6	elektrisch, hydraulisch
KUKA IR 601/60	BRD	DDD	3...6	elektrisch
KUKA-NACHI 1000	BRD	DSS	3...5	hydraulisch
M - 04	ČSSR	DSS	4	pneumatisch
MHU Junior	Schweden	DSS	3	pneumatisch
MOTOMAN L 10	Japan	DDD	5	elektrisch
MP - 25	Polen	DS	2	pneumatisch
MR 01	DDR	DSS	3	hydraulisch
PB - 110	Bulgarien	DSS	5	pneumatisch
PB - 231	Bulgarien	DSS	6	hydraulisch
PB - 241	Bulgarien	DSS	5	elektrisch
PIRIN - 521	Bulgarien	DSS	7	hydraulisch
POLAR 6000	Italien	DDS	6	hydraulisch
PR 16-P	ČSSR	DSS	5	pneumatisch
PR 32-E	ČSSR	DDD	5	elektrisch
PRAB 4200	USA	DDS	5	hydraulisch
PRAGMA A 3000	Italien	SSS	5	elektrisch
PRO - 30	Polen	DDD	4	elektrisch
PUMA 200	USA	DDD	5...6	elektrisch
RB 3	Finnland	DSS	5	hydraulisch
RIMP - 402	Polen	DSS	2...7	pneumatisch
ROBOT port. 80	Frankreich	SSS	3...6	hydraulisch
SIGMA MTG	Italien	SSS	3	elektrisch
SIROBOT 2	BRD	DSS	5	elektrisch
TRALLFA 3000 S	Norwegen	DDD	6	hydraulisch
UNIMATE 2000	USA	DDS	5...6	hydraulisch
UNIVERSAL 5	UdSSR	DSS	6	elektrisch
UNIVERSAL 15 M	UdSSR	DDS	6	elektrisch
VERSATRAN 500 P	USA	DSS	3...5	hydraulisch
VW - K 15	BRD	DDD	5	elektrisch
ZIM 60	DDR	DDD	5	elektrisch
ZYKLON - 5.01	UdSSR	DSS	4...6	pneumatisch
6 CH Arm	USA	DDD	6	hydraulisch

S Schieben,

PTP Punktsteuerung, CP Bahnsteuerung, PS programmierbare Steuerung

Tragfähig- keit in N	Positio- nierungsfehler in mm	Steuerungs- art	Hauptachsenwege			Hauptachsenwinkel		
			R, X	Y	Z	A	B	C
			in mm			in Grad		
600	±0,4	PTP, CP	—	—	—	70	—	330
40	±0,1	elektrisch	400	—	100	—	—	120
200	±1,0	PTP	1100	—	500	—	—	300
60	±0,2	PTP	—	—	—	95	—	300
200...400	±0,3	PTP	630	(100)	750	—	—	270
200	±0,3	PTP	1000	—	695	—	—	220
600	±0,8	CP	—	—	—	75	—	300
30	±3,0	CP	—	—	—	90	—	90
600...1000	±1,2	CNC, PTP	—	—	—	—	—	320
100...300	±1,0	PTP	760	—	760	—	—	240
40	±0,5	PTP	630	—	200	—	—	300
50	±0,2	PTP	500	—	150	—	—	270
100	±0,2	PTP	—	—	—	80	—	240
20	±0,1	elektrisch	—	—	125	—	—	90
100	±0,3	PS	400	—	(125)	—	—	240
100	±0,5	elektrisch	1100	20	300	—	—	360
180...550	±1,5	PTP, CP	1060	1220	760	—	—	240
200	±1,0	PTP	1100	—	500	—	—	210
400	±0,3	elektrisch	500	50	160	—	—	180
600	±1,0	PTP, CP	1300	—	—	—	50	210
160	±0,2	PTP	1000	—	500	—	—	360
320...630	±0,5	PTP, CP	—	—	—	70	—	270
340	±0,7	PTP	1060	—	—	—	20	270
15	±0,1	PTP, CP	1300	250	300	—	—	—
300...600	±0,4	PTP	—	—	—	60	—	300
10	±0,05	PTP, CP	—	—	—	320	—	315
300	±0,5	PS	1000	—	600	—	—	220
150	±0,3	PTP	630	—	160	—	—	180
800	±0,5	PTP	2000	1500	630	—	—	—
50	±0,05	PTP	1010	400	400	—	—	—
200	±3,0	PTP	1100	—	800	—	—	300
150...300	±1,0	CP	—	—	—	75	—	93
300-680	±1,3	PTP, CP	1041	—	—	—	57	220
50	±1,0	PTP	700	—	800	—	—	330
150	±0,3	PTP	1000	400	—	—	50	340
180...400	±3,0	PTP	760	—	760	—	—	240
150	±1,0	CP	—	—	—	70	—	320
600	±0,4	PTP, CP	—	—	—	65	—	330
100	±0,1	elektrisch	600	400	100	—	—	180
800...1350	±1,3	CP	—	—	—	125	—	240

gungssteuerung für flexible Greifer als Mikrorechnersteuerung am Greifer selbst befinden.

I.en lassen sich nach verschiedenen Gesichtspunkten einteilen:

- nach der Steuerungshilfsenergie in pneumatische und elektronische (elektrische I.en),
- nach der Vorgabe des Arbeitsregimes für den IR in Programmsteuerungen und Steuerungen mit künstlicher Intelligenz (↗ Generation),
- nach der Art der Bewegungssteuerung in Punkt- und Bahnsteuerung,
- nach der Art der Informationsverarbeitung in nichtnumerische und numerische I.en.

Industrierobotertechnik, Abk. IRT: Gesamtheit der Maßnahmen, Tätigkeiten und Grundmittel sowie der Verfahren zur Anwendung von Einrichtungen, mit denen das selbsttätige Handhaben von HHO mit Hilfe von IR bewirkt wird. Die I. dient der Automatisierung von Haupt- und Hilfsprozessen mit dem Ziel der Freisetzung von Arbeitskräften. Sie ist ein Teilgebiet der ↗ Handhabetechnik.

Es gibt maschinen- bzw. ausrüstungsgebundene und prozeßspezifische I. Die maschinen- bzw. ausrüstungsgebundene I. ist eine I., die mit der technologischen Ausrüstung durch überwiegend feste mechanische Kopplung und steuerungstechnische Verknüpfung fest verbunden ist und i. allg. nicht selbständig zur Verfügung steht. Die prozeßgebundene I. dient zur maschinellen Ausführung prozeßgebundener Handhabungen und wird i. allg. durch selbständige (beigestellte) Handhabetechnik realisiert.

Industriestoßdämpfer ↗ Dämpfer.

Informationsreduktion ↗ Datenreduktion.

Informationsspeicher: Teilsystem einer IR-Steuerung, das die Informationen für den Ablauf des Bewegungsprogramms und außerdem mindestens die Weginformationen enthält. Es gibt mechanische, elektrische und pneumatische I. Mechanische I. sind Kurvenscheiben, Nockentrommeln, Stekerfelder, Lochstreifen u. a. In Rechnersteuerungen werden Halbleiter- und Kernspeicher eingesetzt. Pneumatische oder fluidische I., z. B. pneumatische Flip-Flops, werden in pneumatischen Steuerungen verwendet. Magnetdraht, -karte, -trommel, -band und -scheibe (↗ Diskette) sind digitale I. und nehmen die Informationen als Zeichenfolgen auf.

Informationstheorie: mathematische Theorie (Nachrichtentheorie), die sich mit der Erforschung der Entstehung von Informationen in einem System, deren Übertragung, Selektierung und Weiterverarbeitung bis zur Bildung von Führungssignalen, z. B. in der Automatisierungstechnik, befaßt.

Informationsträger: physikalisches System, das eine bestimmte Anzahl voneinander unterscheidbarer Zustände speichert, von denen jeder eine bestimmte Information abbildet.

Infrarotsensor: Sensor, dessen Ankopplung an das Objekt berührungslos über die vom Objekt ausgehende Infrarotstrahlung (Wärmestrahlung) erfolgt. I.en sind wie optische Sensoren als Punkt-, Zeilen- oder Matrixsensoren im Gebrauch und insbesondere auch Bestandteil von Infrarot-Bilderkennungssystemen. Der I. kann zur Temperaturüberwachung erwärmter HHO, z. B. beim Einsatz eines Montageindustrieroboters für das Ferti-

gungsverfahren *Aufschumpfen*, für das Erfassen von Temperaturfeldern zur Prozeßüberwachung (↗ Prozeßsensor) beim Schweißen oder auch zur Entfernungsmessung (↗ Reflexsensor) und Anwesenheitskontrolle verwendet werden.

Initiator: berührungs- und kontaktlos arbeitender elektronischer Schalter mit Zweipunktverhalten, der durch Änderung physikalischer Parameter bei Annäherung eines Objekts (Schaltfahne, Werkzeug, Werkstück) ein Signal gibt. Er dient zur Meldung von Grenzwerten (Endlagen) und spricht beim Passieren von Gegenständen an (Schaltfahnen für Zwischenpositionen, Werkstücke). Der I., oft auch als Näherungs-I. bezeichnet, wird in der IR-Technik häufig als Schaltelement verwendet. Eine bekannte Bauform ist der *Schlitz-I.*

Inkrement: Betrag, um den eine Größe in Quanten zunimmt. Vgl. Weginkrement, Winkelinkrement.

Inkrementaldrehgeber ↗ Inkrementalgeber, rotatorischer.

inkrementale Darstellung: Darstellung von Variablen, vor allem durch Angabe ihres Zuwachses, weniger durch die Variablen selbst (↗ Weginkrement, ↗ Winkelinkrement). Diese Zuwachsangaben korrespondieren in einer durch das vorliegende Problem bestimmten Weise mit der Änderung einer gemeinsamen unabhängigen Variablen.

Inkrementalgeber, rotatorischer, Abk. IGR, Inkrementaldrehgeber: Bezeichnung für ein Wegmeßsystem mit inkrementalem Meßverfahren. Bestandteile des I. sind eine rotierende Scheibe mit einer Präzisionsstrichteilung als Hell-Dunkel-Raster (*Radialgitterteilung*) und mitunter mit einer Nullstrichmarke (zur Nullung) der meist fotoelektrischen Abtasteinrichtung, weiterhin eine Schaltung zur Signalformung und -verstärkung und das Gehäuse. Die Schaltung zur Signalformung und -verstärkung kann auch in einem separaten Gehäuse untergebracht sein.

Die Zahl der Striche, bezogen auf den Scheibenumfang, bestimmt das Auflösungsvermögen.

Die Informationsausgabe erfolgt in Form von 2 um 90° elektrisch versetzten Impulsfolgen, was zur Drehrichtungsauswertung durch den ↗ Richtungsdiskriminator in der Meßwertaufbereitung dient, ergänzt durch den Nullimpuls, der einmal je voller Scheibenumdrehung ausgegeben wird. Zur Störimpulsunterdrückung werden alle Impulsfolgen wahr und negiert ausgegeben und übertragen. Das Gebersignal kann – gegenüber dem durch die Strichzahl bestimmten – um den Faktor 2 oder 4 elektronisch vervielfacht, d. h. das Auflösungsvermögen entsprechend verfeinert werden.

Verschiedene moderne inkrementale Wegmeßsysteme bieten die Möglichkeit einer weiteren Vervielfachung des wegproportionalen Gebersignals durch lineare Interpolation mittels spezieller elektronischer Schaltungen. Voraussetzung hierfür ist ein sinusförmiges Signal am Ausgang des Gebers. Zu dessen Erzeugung sind ein zusätzliches Referenzgitter und eine spezielle Gestaltung der Abtasteinrichtung erforderlich, was mit erhöhtem Aufwand verbunden ist. Man erreicht damit z. B. bei translatorischen Meßsystemen in direkter Ankopplung Wegauflösungen bis etwa $\geq 0,2 \mu\text{m}$. Es existieren I. mit Strichzahlen von 50 bis 36000.

Inkrementierung: Erhöhung eines Zählers oder einer Programmgröße um 1.

in-line-Beschickung: Beschickung von mehreren miteinander verketteten Maschinen, z. B. Pressen, mit Hilfe von maschinenintegrierter Handhabetechnik. Dabei wird der Werkstückfluß geradlinig durch die Maschinen hindurchgeführt. Bei Pressen werden dann die Werkzeuge beim Wechseln seitlich entnommen.

Innengreifer: Greifer, der mit seinen Greiferbacken ein HHO kraft- und bzw. oder formpaarig an einer Innenkontur, z. B. Bohrung, aufnimmt. Mit dem I. lassen sich besonders dicht angeordnete Objekte gut fassen. Vgl. Außengreifer.

Inneninterpolation: Interpolation, die durch einen ↗ Interpolator, der zur Steuerung gehört, realisiert wird. Er errechnet die Koordinatenwerte und verteilt sie zeitgerecht auf die einzelnen Achsen. Seine Rechengeschwindigkeit entspricht damit der Bewegungsgeschwindigkeit z. B. des Roboterarms. Vgl. Außeninterpolation.

Innenverkettung: Verbindung von Fertigungseinrichtungen durch Weitergabereinrichtungen für Werkstücke, die so angeordnet sind, daß die auf die Grundfläche projizierte Hauptförderrichtung der Werkstücke durch die Grundfläche der Fertigungseinrichtungen führt. Das Werkstück wird zum Ein- und Ausgeben zusätzlich bewegt. Vgl. Außenverkettung, Durchverkettung, Verkettung.

Inprozeßmessung ↗ Messen.

Inspektion, visuelle: Maßnahme zur Feststellung und Beurteilung eines Istzustands durch die automatische Aufnahme und Verarbeitung von Grauwertbildern einer Szene. Dazu zählen die Qualitätskontrolle und -sicherung von Teilen durch Prüfung auf Vollständigkeit, Oberflächengüte und Maßhaltigkeit, visuelle Überwachung von Montage- und Fließprozessen z. B. in der Textilindustrie durch Prüfen auf Anwesenheit, Musterhaltigkeit u. a.

Inspektionsroboter: spezieller stationärer, meist aber mobiler Roboter, der anstelle eines Greifers ein Bildaufnahmesystem trägt. Mit dem I. sind Kontrollen in Räumen möglich, die für den Menschen nicht oder nur unter erschwerten Bedingungen zugänglich sind, wie radioaktive, heiße oder mit giftigen Gasen belastete Zonen. Die von der Kamera aufgenommenen Bilder können aus sicherer Entfernung auf einem Bildschirm beobachtet werden. Für den I. gibt es sehr unterschiedliche Bauformen. So eignet sich z. B. ein vielgliedriger schlangenartiger I. besonders für die Beobachtung in engen Kanälen und Röhren.

Instandhaltung von IR: Gesamtheit aller Maßnahmen zur Erhaltung bzw. Wiederherstellung der vollen Funktions- und Leistungsfähigkeit eines IR durch Kontrolle, Nachstellung, Reinigung, Schmierung und Wechsel kritischer Teile. Die I. v. IR kann erfolgen, indem hochqualifiziertes Instandhaltungspersonal des Nutzers oder des Herstellers unter Verwendung von Ersatzbaugruppen an Ort und Stelle die Störung behebt oder indem der gesamte Roboter ausgetauscht wird. Ersatzroboter sind nur zu vertreten, wenn mindestens 5 bis 10 gleiche Roboter betrieben werden. Die Qualifizierung von eigenem Instandhaltungspersonal ist beim Nutzer nur gerechtfertigt, wenn mehrere Roboter oder weitere ähnliche Technik zu betreuen

ist. Bei der üblichen Dreischichtnutzung der IR erfordert die I. v. IR eine ausgereifte Organisation in der Vorbereitung und Durchführung. Im Instandhaltungsplan ist festzulegen, welche Arbeiten am mechanischen, hydraulischen, pneumatischen oder elektrischen Teil wöchentlich, monatlich, quartalsweise und jährlich auszuführen sind.

Integralbauweise: Bauweise für Erzeugnisse, bei der man technologisch in sich abgeschlossene Baugruppen anstrebt, die einzeln funktionsprüfbar sind und mit einem Minimum an Montageaufwand zu fertigen sind.

Integralroboter: mobile autonome kybernetische Systeme, die mit einer Vielzahl von taktilen, akustischen und optischen Sensoren ausgestattet sind. Sie dienen vor allem zur Erforschung der künstlichen Intelligenz und sind rechnergesteuert. Der Begriff I. stammt aus der sowjetischen Fachliteratur.

integrierte rechnergestützte Fertigung ↗ integrierter gegenstandsspezialisierter Fertigungsabschnitt.

integrierter gegenstandsspezialisierter Fertigungsabschnitt, Abk. IGFA: vorwiegend nach dem Gegenstandsprinzip aufgebaute und steuerungstechnisch integrierte Produktionsanlage zur Herstellung verschiedener geometrisch und technologisch ähnlicher Werkstücksortimente. Die Bearbeitungsmaschinen sind über ein mechanisiertes oder automatisiertes kombiniertes Lager-, Transport- und Steuerungssystem im Sinne der technologischen Arbeitsgangfolge miteinander verknüpft. Die Grundvariante A wird durch integrierte Produktionseinheiten mit Zentralspeicher und flexiblem Transportsystem, die Grundvariante B mit Zentralspeicher als Transportsystem und die Variante C mit Zentralspeicher und speichergebundenem Transportsystem verwirklicht.

Intelligenz [lat.]: in der Biologie die Fähigkeit zum Erfassen, Begreifen, Erkennen, Werten, Schlußfolgern sowie formalgeistigen und schöpferischen Urteilen (Entscheidungsfindung unter Ungewißheit). Die I. ist an das Zentralnervensystem gebunden und setzt einen Bewußtseinsprozeß voraus, d. h. die Fähigkeit eines Subjekts, zu denken. Dieses Subjekt kann nur im gesellschaftlichen Verband fähig sein, zu denken. Für das Entstehen von Denken und Sprache ist ein hochentwickeltes Gehirn Voraussetzung, das in einer Wechselwirkung von Sprache, Denken und Arbeit progressiv beeinflusst wird.

Intelligenz, künstliche: jede Form der Modellierung und Technisierung intellektueller Funktionen mit dem Ziel, kognitive (erkennungsmäßige) Informationsprozesse auf die Maschine zu übertragen bzw. mit neuen Wirkprinzipien technischer Informationsverarbeitung die Unterstützung geistig-schöpferischer Tätigkeiten des Menschen zu ermöglichen. Es handelt sich somit um eine Kategorie *höherer automatisierter Informationsprozesse in technischen Systemen*. In den USA ist die k. I. eine Disziplin (artificial intelligence) der Rechnerwissenschaften, in der DDR eine Disziplin der Informatik (Informationsverarbeitung im umfassenden Sinn).

Die k. I. ist z. B. in Form von Objekt- oder Spracherkennungssystemen durch die Entwicklung der Mikroelektronik möglich geworden. Von künftigen Computern werden z. B. Fähigkeiten erwartet wie Lernen, Assoziieren,

Schlußfolgern und Nutzen von Wissen zur Problemlösung. Der Begriff k. I. ist sehr vielgestaltig, erlaubt noch keine endgültige Definition und sollte vorerst als Arbeitsbegriff aufgefaßt werden. Es gibt auch Meinungen, die die Existenz einer k. I. völlig bestreiten.

Auch wenn weltweit heute die nichtgelösten Probleme in der Forschung zur k. I. noch überwiegen, kann bereits davon ausgegangen werden, daß die Leistungsfähigkeit künftiger Informations- und Kommunikationstechnologie, von Informationssystemen, Robotern, Erkennungssystemen u. a., entscheidend durch Forschungsergebnisse der k. I. geprägt werden.

Im angelsächsischen Sprachraum ist es üblich, sensorgesteuerte IR als Roboter mit k. I. zu bezeichnen.

Als einer der Marksteine auf dem Weg der Entwicklung der k. I. wird die Vorlesung unter dem Titel „Die allgemeine und logische Theorie der Automaten“ angesehen, die der US-amerikanische Mathematiker *John von Neumann* (1903 bis 1957) im September 1948 hielt. Die Aussagen basierten auf den Ergebnissen vieler Mathematiker und Techniker, z. B. *Brege, Boole, Turing, Chintchin, Kolmogoroff, Hollerith, Zuse, Wiener, Kotelnikow, Shannon*.

Aus der Sicht künftiger automatisierter Fertigung lassen sich an die k. I. folgende Anforderungen angeben: Erkennen von Umweltveränderungen und Reagieren darauf, Anpassung vorhandener Programme an konkrete Bedingungen, Ableitung optimaler Handlungsfolgen, Automatisierung der Systemumstellung für neue Aufgaben, Anpassen an durch freie Variable stochastisch beeinflusste Operationsinhalte, Programmgenerierung in Echtzeit nach eingegebenen Aufgabenstellungen, Synchronisation mehrerer stochastisch beeinflusster Systeme und Erkennen und Beheben von Störungen bzw. Vermeiden von Ausfällen.

Intelligenz, maschinelle: Begriff, der im europäischen Raum oft synonym für künstliche Intelligenz verwendet wird. Treffender wäre die Bezeichnung *Automatenstruktur höherer Ordnung*.

Intelligenz, verteilte: Bezeichnung für dezentralisierte Signalverarbeitung bei der Lösung räumlich verteilter Steuerungsaufgaben (*devided task*). Sie wurde vor allem durch die Entwicklung hochintegrierter Elektronikbausteine zu einem wirtschaftlichen Weg. Vorteil der v. I. ist, daß mit dem Ausfall einer einzelnen defekten Baugruppe nicht sofort das gesamte System ausfällt. Außerdem macht die Aufteilung in Einzelaufgaben die Gesamtaufgabe der Steuerung übersichtlicher und besser programmierbar. Vgl. Steuerungshierarchie, Zentralsteuerung.

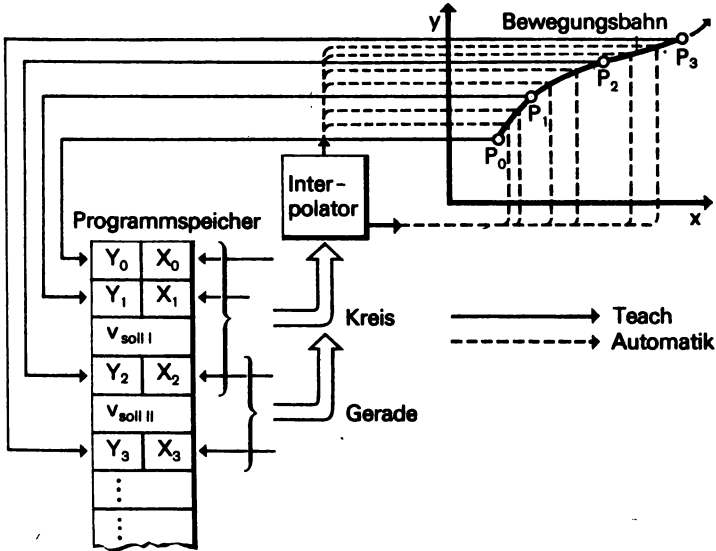
Interaktion: Prozeß des Informationsaustausches zwischen Mensch und Rechner im Dialog. Er wurde durch die Notwendigkeit hervorgerufen, daß Mensch und Maschine zur gemeinsamen Lösung eines beliebigen Problems nacheinander und bzw. oder parallel Operationen ausführen.

Interface, Schnittstelle: Gesamtheit der schaltungstechnischen, logischen und konstruktiven Bedingungen zur Zusammenschaltung von Teilen eines informationsverarbeitenden Systems sowie zur Datenübertragung zwischen diesen. Vereinheitlichte Vorschriften hierzu heißen Standard-I. Festlegungen erstrecken sich auf Art und Anzahl von Signalleitungen, Signalverläu-

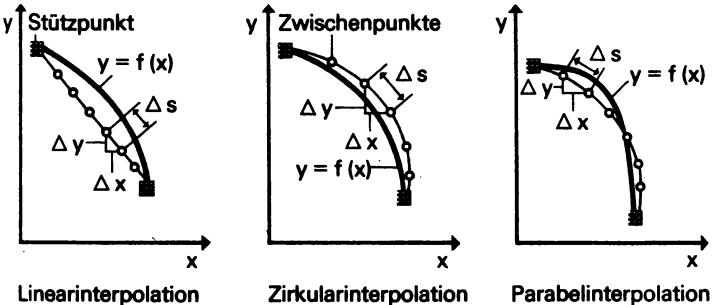
fen (Algorithmen), Datenformaten, Kodes, Signalpegel, Lastfaktoren, zulässige Leitungslängen und -führungen, Leitungs- und Steckverbindertypen, Anschlußbelegungen und Gefäßsysteme.

Es existieren je nach Anwendungszweck verschiedene Standard-I. Wichtig für die IR-Technik sind SI 1.2 für Ketten- und Sternverkehr u. a. in der NC-Technik, V 24 für Übertragungseinrichtungen und Datenendgeräte mit serieller Datenübertragung (*serielle Schnittstelle*).

Interpolation [lat.]: Berechnung von Zwischenwerten aus der abschnittsweise analytischen Darstellung einer Raumkurve, von der Stützpunktkoor-



Bereitstellung von Bahnpunkten durch Interpolation



Interpolationsarten

dinaten (programmierte Punkte der Bewegungsbahn – im Bild die Punkte P_0 bis P_3) bekannt sind. Als Darstellungselemente (mathematische Funktionen) werden Geraden, Kreise, Parabeln oder Polynome höherer Ordnung ($\nearrow$ Splines) verwendet.

Der Zweck der I. besteht darin, daß durch dichte Vorgabe von Zwischenwerten als Führungsgrößen für Lageregelkreise der Bewegungssteuerung aufgrund der dynamischen Eigenschaften der Bewegungseinheiten und der Antriebe die gewünschte Raumkurve und ein kontinuierlicher Bewegungsablauf erreicht werden. Die I. wird in der Arbeitsphase des IR i. allg. im kartesischen Koordinatensystem durchgeführt (Interpolator), nachdem die Stützwerte durch indirektes Teach-in ermittelt und von den Roboterkoordinaten in kartesische Koordinaten, d. h. Weltkoordinaten, transformiert worden sind (Koordinatentransformation). Die inverse Koordinatentransformation der interpolierten Werte ermöglicht eine sehr genaue Annäherung an die programmierte Bahn. Dabei entstehen aber i. allg. nichtlineare Bewegungsfunktionen für die einzelnen Achsen. Vgl. Kreisinterpolation, Linearinterpolation, Proportionalinterpolation, Splineinterpolation. 2 Abb. S. 167.

Interpolationsparabel: Parabel als Interpolationsfunktion zwischen programmierten Stützpunkten. Als I. kann die *Newtonsche Interpolationsgleichung* verwendet werden.

Interpolator: Funktionseinheit zur Durchführung der Interpolation in IR-Steuerungen. Er kann als spezielle Rechnerschaltung ausgeführt sein, wird aber bevorzugt programmtechnisch mit Hilfe eines (Mikro-) Rechners realisiert. Vom I. werden möglichst kurze Interpolationszeiten (hohe Arbeitsgeschwindigkeit, optimierte Programme) gefordert, da in der Arbeitsphase des IR die Interpolation im $\nearrow$ Echtzeitbetrieb erfolgen muß.

Interpreter: Sprachübersetzer, der Programmanweisungen, z. B. von Handhabeprogrammen, unmittelbar in Befehlsfolgen umsetzt und die Befehlsausführung sofort realisiert. Die Arbeitsweise des I. heißt interpretierender Modus oder Interpretation. Sie wird bei IR-Steuerungen, insbesondere wenn die Eingabe des Handhabeprogramms in $\nearrow$ NC-Kodes erfolgt, bevorzugt angewendet.

Interrupt: Unterbrechung eines augenblicklich in Abarbeitung befindlichen Programms auf ein Signal hin (I.anforderung), das von einer peripheren Funktionseinheit an die zentrale Verarbeitungseinheit gesendet wird und Start eines anderen Programms (I.programm). Letzteres wird durch eine entsprechende Kennung (I.vektor) von den I.programmen anderer peripherer Funktionseinheiten unterschieden. Nach Abarbeitung des I.programms wird die Abarbeitung des vorangegangenen Programms an der Stelle der Unterbrechung fortgesetzt. I.programme können geschachtelt abgearbeitet werden. Die Verarbeitbarkeit von I. gehört zu den fundamentalen Funktionsprinzipien eines Mikrorechners. Vgl. Priorität.

I/O-Modul: Abk. für Input/Output-Modul. Vgl. Ein-/Ausgabebaugruppe, PEAS.

IR: Abk. für Industrieroboter.

IRCC [engl., Abk. für instrumented remote center compliance]: taktile Tasteinrichtung, mit der ein IR während des Arbeitsablaufs bei Abweichun-

gen der Fügeteilachsen angepaßt werden kann. Er stellt eine Weiterentwicklung des $\nearrow$ RCC-Systems dar. Das IRCC kann auch als Meßeinrichtung für Winkelabweichungen verwendet werden.

IRDATA [engl., Abk. für *Industrial Robot Data*]: in Entwicklung befindliche robotertypunabhängige Steuersprache. Jedes Bewegungsprogramm ist in eine Folge von IRDATA-Sätzen unterteilt. Jeder Satz besteht aus Satzkopf und Parametern. Im Satzkopf ist u. a. der Haupttyp der Anweisung enthalten, um den es sich handelt. Haupttypen können Eingabefolge, Steuerangaben und sonstiges, Geometriedaten, Positionierung und Orientierung, Bewegungstoleranzen, Maßeinheiten, Beendigungssatz, nichtlineare Bahnvorgabe, Werkzeug- bzw. Greiferbeschreibung, Roboterbeschreibung, Sensorangaben, boolesche und arithmetische Operationen und programmtechnische Angaben sein.

IRS: Abk. für $\nearrow$ *Industrierobotersteuerung*.

IRT: Abk. für $\nearrow$ *Industrierobotertechnik*.

ISIR [engl., Abk. für *International Symposium on Industrial Robot*]: erstmals 1970 in Chicago (USA) veranstaltetes und seitdem jährlich stattfindendes internationales Symposium über IR.

ISO-7-Bit-Code, **ISO-Kode**: 7-Bit-Code zur Darstellung von 128 Zeichen (10 Dezimalziffern, 26 Groß- und 26 Kleinbuchstaben, 32 Sonderzeichen, Interpunktions- und Operationszeichen und 34 Steuerzeichen) als Folge von 7 binären Informationsparametern (7-Bit-Wort). In der Darstellung als 8-Bit-Wort kann das höchstwertige Bit (= Bit 7) zur Paritätsprüfung verwendet werden.

Vom I. leiten sich – entsprechend den verwendeten Schriftzeichen, von Besonderheiten in der Bedeutung und Darstellung einzelner Zeichen – nationale Varianten des 7-Bit-Kodes ab, z. B. der ASC II-Kode, Sif-1000-Kode.

Aus dem Zeichenvorrat des I. werden etwa 50 Zeichen zur Programmierung numerisch gesteuerter IR, Werkzeugmaschinen u. a. verwendet (NC-Kode).

Isoliniendarstellung: Darstellung von Bewegungsbereichen mit gleichem max. Positionierungsfehler als Vergleichskriterium für die Qualität unterschiedlicher Manipulatorstrukturen. Der I. kommt große Bedeutung zu, da bei den heute gebräuchlichen Systemen die Greiferpositionierung ausschließlich über eine Regelung der Einzelgelenke gesteuert wird, so daß Regelabweichungen dort zu einem Positionierfehler des Greifers führen.

Istwert: tatsächlicher Wert einer zu bezeichnenden Größe, z. B. einer Position bzw. Lage (Positions- bzw. Lage-I.), einer Geschwindigkeit (Geschwindigkeits-I.), einer Zeit (Zeit-I.). Informationen können in Steuerungen in analoger oder digitaler Form vorliegen. Bei IR-Steuerungen ist unter I., wenn weitere Angaben fehlen, der Positions- (Lage-) I. zu verstehen. Dessen Maßeinheit bei digitaler Form ist das Weg- bzw. Winkelinkrement (Wegauflösung).

Iteration [lat.]: Verfahren, das durch wiederholte Anwendung desselben Rechenverfahrens gestattet, sich der genauen Lösung einer Gleichung schrittweise zu nähern.

Jaquet-Droz: 1. *Pierre* (1721 bis 1790), Uhrmacher und Hilfsrichter in La Chaux-de-Fonds. – 2. *Henri Louis* (1752 bis 1791), Uhrenmechaniker, Künstler und Musiker, Sohn von *Pierre J.* Sie fertigten die Automaten „Der Zeichner“ (1772 bis 1774), „Der Schriftsteller“ (1774) und „Die Musikerin“ (1774), die interessantesten des 18. Jahrhunderts. Die Automaten wurden 1774 erstmals für das Publikum ausgestellt, 1775 in Paris und London und bis 1783 auch in Holland, Flandern und Nordfrankreich. 1787 wurden die Automaten an die Gebrüder *Gendre* in Madrid verkauft und 1809 nach Frankreich zurückgebracht. Sie befinden sich heute im Musée d'Art et d'Histoire in Neuchâtel und sind noch voll funktionsfähig.

JIRA [engl., Abk. für Japan Industrial Robot Association]: 1972 in Japan gegründeter Fachverband, der die 40 wichtigsten nationalen Roboterproduzenten vereinigt. Die Aufgabe der JIRA besteht darin, den einheimischen und ausländischen Markt zu studieren, technische Entwicklungen zu koordinieren, als Werbeträger zu fungieren sowie als Mittler zwischen Wirtschaft und Verwaltung aufzutreten.

Joystick [engl.]: Bedienhebel in der Art eines Steuerknüppels, der zur Handsteuerung eines IR für das Bestimmen (Vorgeben) der Geschwindigkeit und der Bewegungsrichtung eines Roboterarms verwendet wird und der dazu in 3 Achsen gleichzeitig bewegbar ist (Rechts-, Linksbewegung, Vorwärts-, Rückwärtsbewegung, Hineindrücken, Herausziehen).

Justageroboter: Roboter, der ein Funktionselement in einem Erzeugnis so verändern kann, daß es die für die gewünschte Funktion des gesamten technischen Gebildes oder Verfahrens notwendigen Kennwerte bekommt, z. B. das zielgerichtete Deformieren von Relais-Kontaktfedersätzen nach einem vorgegebenen Justagealgorithmus. Bestandteil des Algorithmus sind i. allg. wiederholtes Messen der Justageergebnisse.

K

K: Abk. für Kilo. Für Speicherkapazitäten in der Rechen- und Steuerungstechnik wurde für die Einheit von K nicht 1000, sondern $2^{10} = 1024$ festgelegt. Das ist zweckmäßig, weil die Adressierung der Speicherplätze dual erfolgt.

Kabelschleppeinrichtung: Einrichtung, die bei verfahrbaren IR zum Nachführen der Versorgungs- und Steuerleitungen dient. Dazu sind die Leitungen in spezielle Kettenglieder eingelassen.

Kalibrieren: in der Meßtechnik das Feststellen des Zusammenhangs zwischen Ausgangs- und Eingangsgröße, z. B. zwischen Anzeige und Meßgröße. Als K. wird auch die Eichung des Koordinatensystems einer visuel-

len Erkennungseinrichtung mit dem Koordinatensystem eines IR bezeichnet.

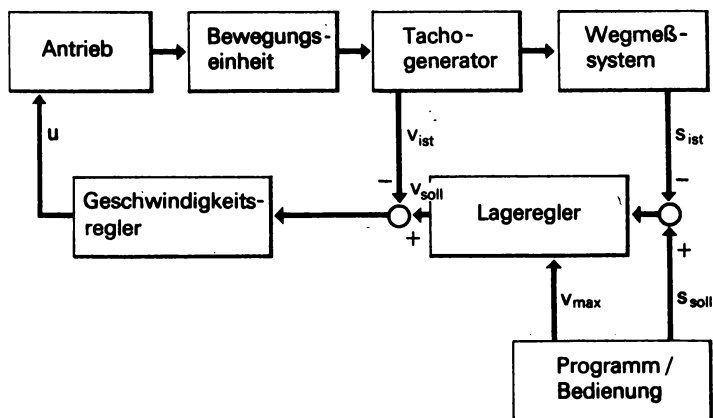
kalifornische Plattform: vierbeiniger elektromotorisch angetriebener Schreitapparat, der 1965 von *Frank* und *McGhee* (USA) konstruiert wurde. Jedes Bein hatte den Freiheitsgrad 2 und eine adaptive Beweglichkeit in frontaler Ebene. Es wurden die 2 Gangarten Trab und Kriechen studiert.

Kantendetektion: in der automatischen Bildverarbeitung das Feststellen von optischen Kanten der Teilekontur und der Oberflächenstruktur eines Objekts als Grundoperation der Grauwertverarbeitung. Beim K.sverfahren wird davon ausgegangen, daß Segmente durch Bildelemente abgetrennt werden, in deren Umgebung sich die Intensität stark ändert.

kartesisch: Bezeichnung für ein Parallelkoordinatensystem mit 2 sich meistens rechtwinklig schneidenden Koordinatenachsen; benannt nach *René Descartes* (latinisiert *Cartesius*, 1596 bis 1650). Vgl. Koordinatensystem, kartesisches.

Karussellspeicher ↗ Scheibenmagazin.

Kaskadenregelung: Regelung mit einem oder mehreren unterlagerten Regelkreisen, wobei letztere auch als Hilfsregelkreise bezeichnet werden. So kann z. B. dem Lageregelkreis für die Bewegungseinheit eines IR ein Geschwindigkeitsregelkreis und diesem ein Motorstromregelkreis unterlagert sein. Die Struktur der Regelung ist so, daß aus der Regelabweichung des äußeren Kreises die Führungsgröße für den inneren Kreis gebildet wird, also z. B. der Lageregler aus der Positions- (Lage-) Soll-Ist-Differenz den Geschwindigkeitssollwert erzeugt, der mit dem Geschwindigkeitsistwert einen Stromsollwert bildet. Ziel der K. ist eine Verbesserung des Verhaltens der geregelten Größe, z. B. reaktionsschnelles Anpassen des Positions- (Lage-) Istwertes bzw. des Geschwindigkeitswertes an den entsprechenden



Blockschaltbild einer Kaskadenregelung: s Position (Lage), v Geschwindigkeit, u Stellgröße

Sollwert unter Einhaltung zulässiger max. Geschwindigkeits- und Beschleunigungswerte. Abb.

Kassettenmagazin: Werkstückspeicher in der Art einer wechselbaren Kasette, in der das gesamte geordnete Arbeitsgut durch einen Federboden schrittweise angehoben wird. Das Auffüllen des K. erfolgt manuell oder automatisch durch eine Kassettenfüllvorrichtung.

Kassettenmagnetbandgerät: Magnetbandspeicher, der an den Steuer-schrank einer IR-Steuerung angeschlossen wird und zum Übertragen von Programmen von der Steuerung auf eine Kompaktkassette und umgekehrt dient. Die Einlese- bzw. Schreibzeit beträgt je nach Programmlänge 5 bis 40 s. Werden beim Lesen durch Kontrollinformationen, die sich auf dem Magnetband befinden, Fehler festgestellt, so wird der Einleseversuch automatisch wiederholt. Wiederholt sich der Fehler, wird der Lesevorgang abgebrochen und der Mangel signalisiert.

Kastenführung ↗ **Führung.**

Kehlnahtsensor, Kehlnahtsymmetriesensor: Sensor, der einen Schweißbrenner beim Kehlnahtschweißen mit offenem Lichtbogen auf der Winkelhalbierenden der die Kehle bildenden Bleche führt. Hierzu wird z. B. die elektromagnetische Strahlung, die vom Lichtbogen während des Schweißprozesses ausgeht, ausgewertet. Auf beiden Seiten des Brenners sind dazu Lichtleitkabel und Fotowiderstände angebracht, die reflektierte Lichtmengen aufnehmen und in elektrische Signale umsetzen. Anhand dieser Auswertung steuert der K. die betreffende Bewegungsachse nach, bis die Symmetrie wiederhergestellt ist.

Kehlnahtsymmetriesensor ↗ **Kehlnahtsensor.**

Kenndaten: Daten zur technischen Charakterisierung eines IR zum Zweck der Information, der einheitlichen Bewertung, dem Vergleich verschiedener Roboter und der Auswahl bei der Vorbereitung von Einsatzfällen. Die beschreibenden Merkmale beziehen sich auf allgemeine Angaben, spezifische technisch-konstruktive Merkmale und die Kopplungsbedingungen. Abb.

Kettentaktspeicher ↗ **Kettenumlaufspeicher.**

Kettenumlaufspeicher, Kettentaktspeicher: aktiver Speicher, bei dem eine endlose Kette mit Aufnahmeelementen für HHO horizontal (*Kettentaktspeicher*), gewöhnlich aber vertikal, ein- oder mehrreihig geführt, umläuft. Die Aufnahmeelemente können z. B. Gehänge, werkstückgebundene Vorrichtungen, Tragschienen mit Halteelementen sein.

Kinematik: Zweig der Mechanik, der die Bewegungen von Punkten oder Körpern ohne Berücksichtigung von Kräften untersucht. Die K. spielt eine wichtige Rolle bei der Entwicklung des mechanischen Teils von Manipulatoren und bei mechanischen Greifern. Die Auslegung eines IR setzt aber neben der rechnerischen Analyse des Bewegungszustands (*kinematische Analyse*) auch Kenntnisse der wirkenden Kräfte (*Gelenkbelastung*) und Übertragungsfunktionen sowie Geschwindigkeiten und Beschleunigungen voraus (*kinetostatische Analyse*). Für die Beurteilung der Strukturen können folgende Kriterien verwendet werden:

kinematische Kriterien

– Bewegungsfunktionen: Abhängigkeit der Bewegungen der Glieder des

allgemeine Angaben	Tragfähigkeit • bei v_{max} • bei v_{min} , Antriebsart, Nutzflächenbedarf, Wartungszeitraum, Grenznutzungsdauer, Greiferart, Greifkraft, Greifkraftregelung, Greiferwechsel, Typenbezeichnung, Hersteller, Land																							
technisch-konstruktive Merkmale																								
Steuerung	kinematischer Aufbau																							
Steuerungsart • Hersteller Programmierart • Weg • Schaltvorgänge Programmspeicher Speicherkapazität Wegmeßsysteme Steuereingänge Steuerausgänge Geschwindigkeitsregelung Programmiersprache Schutz-einrichtungen Sensoren	Nebenachsen	Hauptachsen																						
	U	V	W	D	E	P	X	Y	Z	A	B	C	Q	R	S	T								
	Verfahrweg, -winkel																							
	Anzahl der Positionen																							
	maximale Geschwindigkeit																							
	Positioniergenauigkeit																							
	Wiederholgenauigkeit																							
	Koordinatensystem Arbeitsraum Reichweite bei Gelenkkoordinaten Geschwindigkeit bei Gelenkkoordinaten																							
	<table><tr><td>X</td><td>Y</td><td>Z</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td></tr></table>																X	Y	Z					
X	Y	Z																						
Kopplungsbedingungen	Bauform, Masse IR, Masse Steuerung Grundfläche • Länge • Breite Anschluß • Leistung • Spannung • Druckluft • Öldruck Explosionsschutz																							

Führungsgetriebes von der Zeit, ihr Verlauf und ihre Extremwerte,

- kinematische Abmessung (Platzbedarf),

kinetostatische Kriterien

- Antriebsmoment – Verlauf, Extremwerte bei verschiedenen Belastungen am Abtriebsglied,
- Gelenkkräfte – Verlauf, Extremwerte bei verschiedenen Belastungen am Abtriebsglied,
- Momentanteile der einzelnen Getriebeglieder auf das Antriebsmoment (Trägheitswirkungen) – Verlauf, relativer Verlauf zueinander.

kinematische Analyse $\nearrow$ Analyse, kinematische.

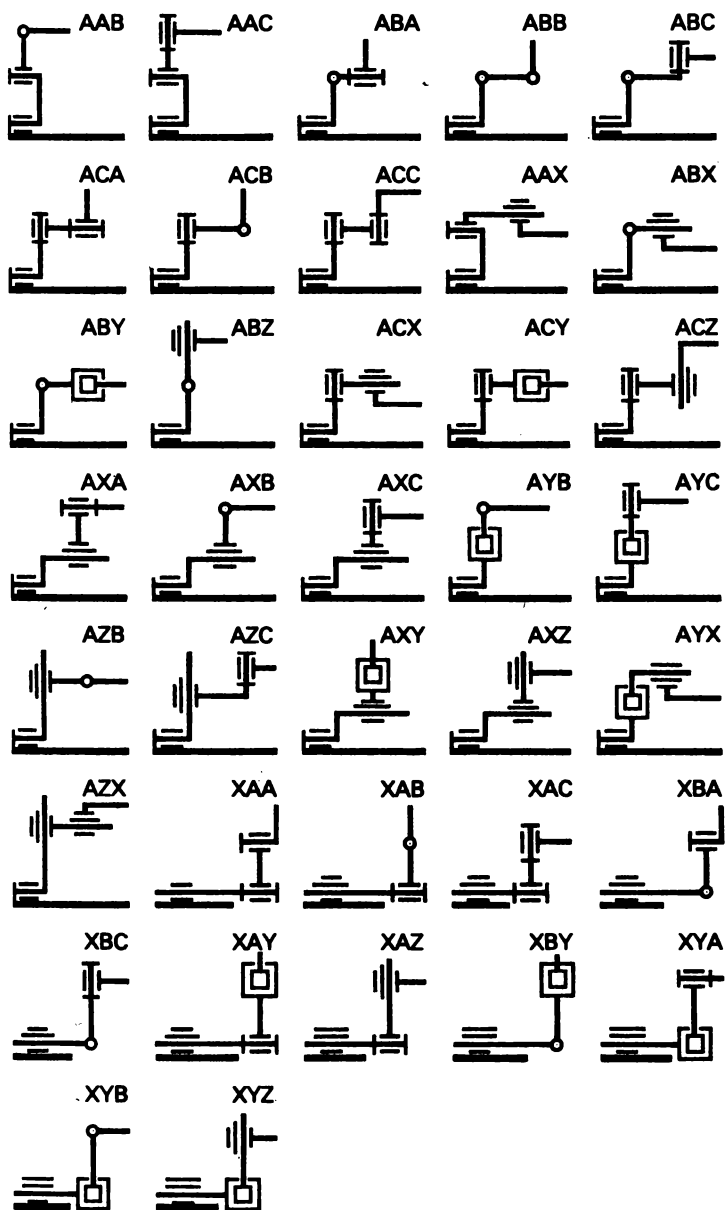
kinematische Kette: Strukturbild des Führungsgetriebes eines IR, d. h. eine durch Gelenke verbundene Folge (Kette) von Körpern, z. B. die Armglieder eines IR. Die Gelenke sind bei IR i. allg. Dreh- oder Schubgelenke. Die Körper heißen Glieder der k. K. Die k. K. ist geschlossen, wenn jedes Glied mit wenigstens 2 anderen durch Gelenke verbunden ist. Von einer offenen k. K. spricht man, wenn dies nicht zutrifft. IR haben z. B. beim Beschicken eine offene k. K., im Moment des Montierens eines Teils auch eine geschlossene. Werden alle Möglichkeiten untersucht, z. B. 4 Glieder durch 3 rotatorische und bzw. oder translatorische Bewegungsachsen, d. h. Dreh- und Schubgelenke, zu verbinden, also k. K. zu bilden, ergeben sich $2^3 = 8$ Variationsmöglichkeiten (Abb. a). Werden für eine solche Variation die Bewegungsachsen X, Y, Z, A, B, C kombiniert, so erhält man $3^3 = 27$ Kombinationen. Somit existieren $8 \text{ Varianten} \times 27 \text{ Kombinationen} = 216$ theoretische k. K. Werden diejenigen abgezogen, die keinen Arbeitsraum ergeben oder sich nur in der Bezeichnung unterscheiden, so verbleiben die in Abb. b dargestellten 37 k. K. Tab. Abb.

Variation der Bewegungsarten

Ausgangskinetik	Ergänzung R	Ergänzung T
RR	RRR	RRT
RT	RTR	RTT
TR	TRR	TRT
TT	TTR	TTT

kinematische Struktur: getriebetechnische Gliederung der Elemente des Führungsgetriebes des IR. Die k. S. ist gekennzeichnet durch die Anzahl der Glieder, die Anzahl und Art der Gelenke und die gegenseitige Anordnung der Glieder und Gelenke. Das Strukturbild ist die $\nearrow$ kinematische Kette. Einige Beispiele mit dem $\nearrow$ Getriebefreiheitsgrad $F = 2$ bzw. $F = 3$ werden in der Abb. dargestellt. Manipulatoren haben i. allg. k. S.en mit offener kinematischer Kette; bei zentralen Antrieben mit Übertragungsgetrieben treten offene verzweigte kinematische Ketten auf. Abb.

Kinetografie: grafische Sprache stenografischen Typs zur Aufzeichnung menschlicher Bewegungen als Funktion der Zeit mit Hilfe von geometri-



Kinematische Kette: Darstellung aller möglichen dreigliedrigen Kinematikketten, die einen Arbeitsraum ergeben

Werkstücken bis 0,1 kg Masse in der Feinwerktechnik und Elektronik. K. arbeiten mit hoher $\nearrow$ Positioniergenauigkeit (Positionierfehler z. B. $\pm 0,01$ mm) und hoher Bewegungsgeschwindigkeit.

Klemmesservorschubeinrichtung: Handhabeinrichtung für Band und Draht, bei der der Vorschub durch Klemmesser, die das Band an den Seitenflächen festklemmen, bewirkt wird. Beim Rückhub lösen sich die Klemmesser des Vorschubschlittens selbsttätig, wobei andere Klemmesser, auf einem Halteschlitten angebracht, den Werkstoff festhalten. Es sind bis zu 200 Vorschubbewegungen je Minute möglich.

Klemmgreifer: Greifer, bei dem das HHO durch das Wirkprinzip Klemmen aufgenommen und lagegesichert wird. K. werden sehr häufig, vor allem als Zangengreifer, eingesetzt. Kennzeichnend ist der funktionale Zusammenhang des Antriebswegs mit der Bewegung der Greiforgane. Aus der Übertragungsfunktion folgt das Verhältnis von Greifkraft zur Antriebskraft als Übersetzungsverhältnis.

Die für ein sicheres Klemmen erforderliche Greifkraft hängt von der Masse, Oberfläche, Schwerpunktlage, Gestalt, Abmessung, Toleranz, Werkstoff und Festigkeit des HHO sowie von Oberfläche, Werkstoff und Festigkeit der Greiferbacken des K. ab.

Klemmrollenvorschubeinrichtung: Handhabeinrichtung für Band und Draht, bei der der Vorschub durch Klemmrollen bewirkt wird. Durch Federn werden diese ständig in Klemmstellung gehalten. Bei Rückhub des Vorschubschlittens lösen sich die Klemmrollen selbsttätig, wobei andere Klemmrollen, auf einem Halteschlitten angebracht, den Werkstoff festhalten.

Klemmung: Halteeinrichtung, die ein Festhalten von Baugruppen des Führungsgetriebes eines IR, z. B. eine Portaleinheit oder eine Verfahrenseinheit, auf mechanischem Wege (*Band-K.*), hydraulisch oder magnetisch gewährleistet.

Kletterroboter: ferngesteuerter Roboter, der z. B. zur Säuberung von Schiffsrümpfen über und unter der Wasserlinie eingesetzt werden kann. Er bewegt sich in Schritten von 1 bis 40 cm mit 150 m/h Geschwindigkeit. Eine am Gelenkarm montierte rotierende Bürste reinigt etwa 5000 m² Wandfläche je Tag. Die Saugnäpfe des Roboters werden durch elektromagnetische Heber aktiviert, deren Stellung von einem induktiven, auf einem Kreis angeordneten Vierfachnäherungsschalter gesteuert wird. Die Datenübertragung zwischen Roboter und programmierbarer Steuerung erfolgt über Glasfaserkabel. Der K. eignet sich auch zum Fugenschleifen, Anstreichen, Prüfen von Schweißnähten und zur Fernsehüberwachung.

Klinkenablaufstrecke $\nearrow$ Klinkenrollbahn.

Klinkenrollbahn, Klinkenablaufstrecke: Werkstückspeicher oder Weitergabereinrichtung, bei der einzeln, aber nicht im Verband rollfähige Werkstücke, z. B. geradzahnte Zahnräder und Ritzelwellen, auf einer mit selbsttätigen Klinken ausgerüsteten geeigneten Rollbahn taktweise abrollen können.

Knaus, Friedrich von: Mechaniker am Hof Ludwigs VIII. von Hessen-Darmstadt. F. v. K. lebte von 1724 bis 1789. Er stammte aus Lothringen und wurde vor allem durch die von ihm geschaffenen Automaten „Schreiber“

und „Flötenspieler“ bekannt. Seine „Allesschreibende Wundermaschine“ war 1760 fertiggestellt. Auf einer horizontalen Walze konnte der Text mit kleinen Stiften programmiert werden. Nach heutigen Begriffen betrug die Speicherkapazität 2500 Bit, was für eine Schreibfolge von 68 Buchstaben ausreichte. Der noch funktionsfähige Automat befindet sich im Technischen Museum für Industrie und Gewerbe in Wien.

Knickarm ↗ **Faltarm**.

Knickarmroboter: IR, dessen Armglieder mit Drehgelenken verbunden sind und der somit das Faltp Prinzip (↗ **Faltarm**) realisiert. Der K. besitzt eine große Reichweite und hat im Vergleich zu einem IR mit einer Lineareinheit gleichen Hubs einen extrem kleinen Platzbedarf (↗ **Kollisionsraum**). So kann z. B. der Arbeitsraum 15 mal größer als das Maschinenvolumen sein und die Standfläche nur 0,2 m² betragen – vergleichbar mit der eines Menschen. K. werden hauptsächlich für Beschickungsaufgaben verwendet.

Kniehebelgreifer: mechanischer Zweifingergreifer mit starren Backen, die über ein Kniehebelgetriebe angetrieben werden. Dabei werden in einem engbegrenztem Bereich hohe Greifkräfte erzeugt. Der K. ist nur für HHO mit fester Oberfläche geeignet. Es sind auch Lösungen für numerisch oder sich selbst im Greifbereich einstellende K. bekannt.

Knowledge engineering [engl.]: Wissenstechnik; Teilgebiet innerhalb der künstlichen Intelligenz, das das menschliche Wissen, seine Herleitung, Querverknüpfung, Analyse und Verallgemeinerung mit ingenieurmäßigen Methoden bearbeitet. Eines der Ergebnisse sind z. B. Expertensysteme. Intelligente Roboter der Zukunft werden nach den Modellen des K. e. funktionieren.

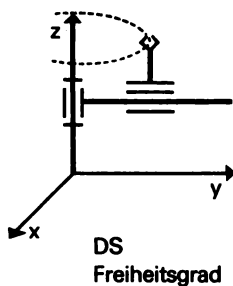
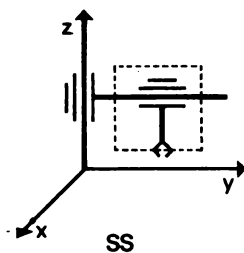
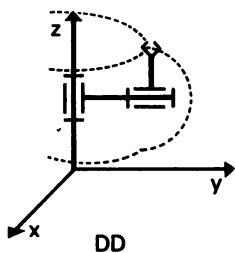
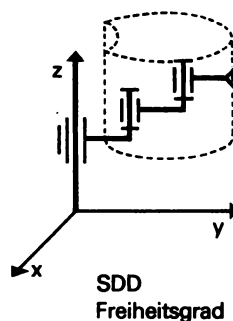
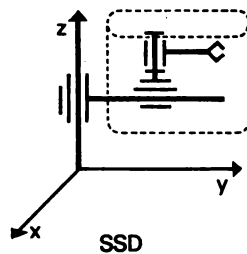
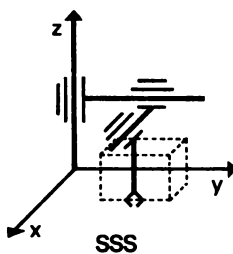
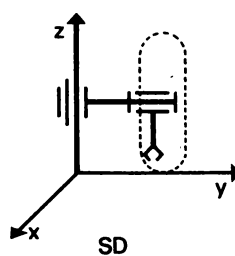
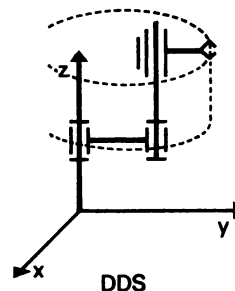
Während bisherige klassische Automaten durch solche Fähigkeiten wie Messen, Steuern, Rechnen, Regeln, Klassifizieren, Optimieren und Adaption gekennzeichnet sind, so zeichnen sich intelligente Automaten durch solche zusätzlichen Merkmale aus, wie Erkennen, Vereinfachen, Suchen, Lernen, Beurteilen, logisch Schließen, Abstrahieren, Entscheiden, Kommunizieren und zwar fachsprachlich, natürlich-sprachlich sowohl phonetisch als auch visuell.

Kode, Code [engl.]: System von Zeichen und Regeln zur Darstellung von Informationen, d. h. einer eindeutigen, umkehrbaren Zuordnung der Zeichen eines Zeichenvorrats (*Originalmenge*) zu den Zeichen eines anderen Zeichenvorrats (*Bildmenge*).

Die Kodierung hat fundamentale Bedeutung für die Steuerungstechnik, da hiermit Steuerinformationen in eine steuerungstechnisch verarbeitbare Form gebracht werden.

Bei den Binär-K. besteht die Bildmenge aus Binärzeichen, die von digital arbeitenden Steuerungen direkt verarbeitbar sind. Bei den alphanumerischen K. besteht die Bildmenge aus Buchstaben und Ziffern, bedingt werden auch Operations- und Interpunktionszeichen genutzt. Die Verarbeitung in Steuerungen erfordert die Übersetzung in einen Binär-K., d. h. in eine Maschinensprache.

Kode, alphanumerischer, alphanumerische Darstellung: Bezeichnung für ei-


 $F = 2$

 $F = 3$


Sinnbilder für die Darstellung kinematischer Strukturen

schen Zeichen, z. B. Tanzschritte und Sportbewegungen. Die Bezeichnung K. und Kinetogramm stammt von dem englischen Choreographen *R. Laban* (1956). Die K. kann auch zur Beschreibung von komplizierten Roboterbewegungen genutzt werden. Vgl. Motografie.

kinetostatische Analyse → Analyse, kinetostatische.

Kippdrehtisch: Spann- und Positioniereinrichtung mit einer oder mehreren gesteuerten Achsen zur Aufnahme von Werkstücken zur Ergänzung der Beweglichkeit eines IR. K. werden vorzugsweise beim Einsatz von Schweißrobotern verwendet, um die Schweißteile in eine jeweils günstige Schweißlage zu bewegen. K. werden oft auch in doppelter Ausführung als Wechselstation angeordnet. Die Steuerung der K. wird i. allg. von der IR-Steuerung mit ausgeführt. Abb.

Kipptisch: Vorrichtung zum Aufnehmen von HHO, insbesondere Schweißteilen, die eine gesteuerte Bewegungsachse (*Kippachse*) hat und damit das Schweißteil in eine günstige Schweißlage für das Schweißen mit einem Schweißroboter bringen kann.

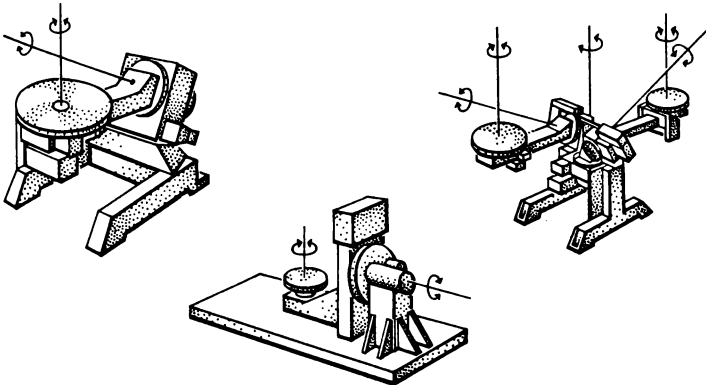
KIPS [engl., Abk. für *knowledge information processing systems*]: Wissensverarbeitungssystem. Vgl. Knowledge engineering.

Kleberoboter: IR, der eine Einrichtung, z. B. Auftragspistole, zum Aufbringen von Klebstoffen und Dichtungsmitteln handhabt. Die Stoffe werden entlang einer programmierten Bahn vom K. ausgebracht. Für das präzise Abfahren von z. B. gewölbten Oberflächen benötigt der K. i. allg. den Freiheitsgrad 5. Die Verfahrensgeschwindigkeiten können im Bereich von 20 bis 60 mm/s liegen.

Technische Schwierigkeiten bereitet oft das genaue Dosieren der aufzutragenden Stoffe, da sie eine sehr hohe Viskosität haben können. Auch luftaushärtende und heißschmelzende Stoffe können Zuführprobleme hervorrufen.

Kleiderpuppe → Mannequin, mechanisches.

Kleinstroboter: IR mit sehr geringer Tragfähigkeit für das Handhaben von



Kippdrehtische

nen Kode, bei dem zur Informationsdarstellung Buchstaben, Ziffern, z. T. auch Operations- und Interpunktionszeichen, als Zeichen verwendet werden. Mit ihnen lassen sich Steuerungsaufgaben sowohl anwenderfreundlich als auch steuerungsnah formulieren. A. K. sind z. B. NC-Kode, mnemonischer Kode (↗ Mnemonik). Der a. K. hat für numerische Steuerungen besondere Bedeutung.

Kode, numerischer, numerische Darstellung, Zifferndarstellung: Bezeichnung für einen Kode, bei dem ausschließlich Zahlen, d. h. Zeichen, die Ziffern sind, zur Darstellung von Informationen verwendet werden. Ein Beispiel dafür ist die numerische Steuerung mit Programmeingabe über Kodierschalter.

Kodedrehgeber, Enkoder, Kodescheibe, Winkelkodierer: Wegmeßsystem mit absolut arbeitenden Meßverfahren. Es besteht aus einer Scheibe, auf der in mehreren Spuren (8 bis 18) Präzisionsteilungen als Hell-Dunkel-Felder entsprechend dem verwendeten Kode aufgebracht sind, der Abtasteinrichtung und dem Gehäuse. Die Abtastung erfolgt meist fotoelektrisch.

Der Forderung nach möglichst geringen Abmessungen des Wegmeßsystems beim Einsatz am IR werden der ↗ Dualkode und besser der ↗ Gray-Kode gerecht, da beide Kodes wegen Redundanzfreiheit eine max. Informationsmenge (max. ↗ Auflösungsvermögen) bei einer vorgegebenen Spurenanzahl sichern. Beim Dualkode, auch beim ↗ BCD-Kode, ist ein erhöhter Aufwand für die Abtastung notwendig, da auf mehreren Spuren gleichzeitig Hell-Dunkel-Übergänge vorhanden sind und die sogenannte V-Abtastung nötig wird. Die Datenausgabe erfolgt bit-parallel oder byte-seriell (getaktet). Der Gray-Kode muß in der Meßwertaufbereitung in einen rechentechnisch weiterzuverarbeitbaren Kode gewandelt werden.

Kodelineal, Wegkodierer: Wegmeßsystem, bei dem im Gegensatz zum Kodedrehgeber eine lineare Maßverkörperung (Metall- oder Glasmaßstab mit mehreren Tastspuren) verwendet wird.

Das K. wird in der IR-Technik höchstens für kurze Verfahrenswege, z. B. Bewegungseinheiten an der Greiferhand, angewendet.

Kodescheibe ↗ Kodedrehgeber.

Kodewort: geordnete Folge von Werten aller Informationsparameter eines digitalen Signals, z. B. 1001101 für den Buchstaben M des ↗ ISO-7-Bit-Kodes. Vgl. Wort.

Kodierer, Codierer: Schaltung oder Programm zur Verschlüsselung von Informationen, d. h. der Änderung der Darstellungsform. Dadurch wird eine Darstellungsform, die speicherbar, reproduzierbar und mit informationstechnischen Mitteln weiterverarbeitbar ist, erzielt. Ein Beispiel ist die Wandlung einer Zahl in einen Binärkode.

Kodierschalter, Ziffernwahlschalter: Schalter, bei dem eine Ziffer 0 bis 9 manuell eingestellt werden kann und an dessen Kontakten ein entsprechendes unkodiertes oder dual kodiertes elektrisches Signal abgenommen werden kann. K. lassen sich – dem Verwendungszweck angepaßt – zu K.paketen zusammensetzen. Sie werden als Eingabe- und Speichermittel insbesondere bei numerischen Steuerungen verwendet und zwar bevorzugt für solche Informationen, deren Werte auf einfache Weise an konkrete Prozeßbedingun-

gen anpaßbar sind, z. B. Vorabschaltwerte, Korrekturwerte u. a. Ergänzend können auch K. mit Buchstaben oder Operationszeichen (+, -) eingesetzt werden.

Kodierung: Übertragung von Daten aus einer Darstellungsform in eine andere mit Hilfe eines Codes.

Koinzidenz: zeitliches Zusammentreffen von Signalen mit gleichem Wert, die z. B. Impulse oder $\nearrow$ Wörter sein können. K. signalisiert in Steuerungen insbesondere das Erreichen eines Sollzustands, z. B. eines programmierten Wegsollwerts für eine Achse eines IR. In diesem Falle bewirkt die K. die Beendigung der Bewegung der Achse und die Quittierung des Befehls zur Bewegung der Achse. Dieser Befehl heißt K.signal. K. wird durch Vergleich festgestellt.

Koinzidenzbereich: Bereich um den Sollwert für eine freiprogrammierbare Bewegungsachse eines IR, innerhalb dessen für bestimmte Steuerfunktionen Istwert gleich Sollwert gilt. Der K. hat z. B. Bedeutung für das Überschleifen von Bewegungen, d. h. Quittierung einer ausgeführten Achsbewegung bei vom K. abweichendem Istwert und die Stabilisierung lageeregelter Achsen im Stillstand. K. können programmierbar sein. Vgl. Wegbedingung.

Koinzidenzprüfeinrichtung $\nearrow$ Vergleicher.

Kollisionserkennung: vorausschauendes Ermitteln von Kollisionen bewegter Objekte im Arbeitsraum eines IR, um eine Kollision zu vermeiden. Die evtl. eine Kollision herbeiführenden Objekte können als Verfolger und Verfolgter betrachtet werden. Damit existiert eine Fliehzone in der eine Kollision nicht möglich und eine Fangzone, in der die Kollision unvermeidlich ist. Die Grenze zwischen beiden Zonen ist der Bereich, in dem eine Kollision verhindert oder herbeigeführt werden kann, abhängig vom Verhalten der Beteiligten. Um die K. auszuwerten, muß eine zuverlässige Strategie verfügbar sein, die das Handhabesystem nur im akuten Kollisionsfall von seinem Arbeitsprogramm abweichen läßt. Die K. erfordert dreidimensional abtastende Sensoren.

Kollisionskontrolle, Havarieschutz: Prüfung des Arbeitsraums eines IR auf vorhandene ortsfeste oder ortsbewegliche Körper, mit denen der IR ungewollt zusammentreffen kann. Die K. kann direkt oder indirekt durch Prüfung der Bewegungen während des Einsatzes erfolgen (*on line*) oder durch Simulation der Bewegungen vor dem Einsatz mit Hilfe von mathematischen Modellen bzw. experimentell an einem Modell (*off line*).

Kollisionsraum: der Raum, den ein Manipulator mit seinem Gestell u. a. sich mitbewegenden Gliedern außer dem Arbeitsraum beansprucht, z. B. Teile des Führungsgetriebes. Das Verhältnis von Arbeitsraum zu K. soll möglichst groß sein. Beide zusammen ergeben den Bewegungsraum.

Kommentar $\nearrow$ Anmerkung.

Kommissionierroboter: Roboter, der in Stückgutförder- und Lagersystemen Zugriff auf Lagereinheiten hat und Kommissionierteile automatisch aus Behältern entnimmt, bewegt und in bestimmten Werkstückordnungen ablegt.

Kommissionierung: Zustandsänderung des Kommissionierguts (Werk-

stücke, Vorrichtungen u. a.) nach den Bestimmungsgrößen Menge, Sorte, Ort und Zeit. Die K. umfaßt alle Operationen, z. B. auftragsbezogenes Zusammenstellen von Teilmengen bestimmter HHO zu einer Transporteinheit zur Bereitstellung für weitere Fertigungsvorgänge oder Montageoperationen. Häufig wird das Ordnen von HHO mit eingeschlossen. Ausgeschlossen werden Operationen, die eine physikalisch-chemische Änderung im Sinne von Strukturveränderungen des Werkstoffgefüges bewirken.

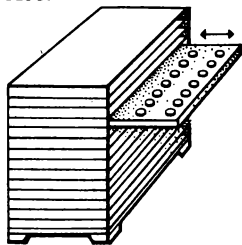
Kommunikation, interaktive: Organisationsform in der Datenverarbeitung, bei der der Mensch in direkter Wechselwirkung mit dem Rechnersystem die iterative Lösung einer Aufgabe beobachtet, steuert und optimiert.

Kompaktantriebssystem: Antriebssystem für einen IR, daß sich durch besonders gedrängte Bauweise auszeichnet und Elektromotor, spielarmes Getriebe, Wegmeßsystem und Tachogenerator in einer Baugruppe enthält.

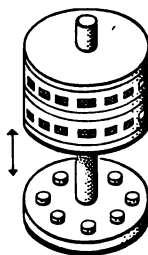
Kompaktgreifer: Bauform eines Greifers, bei dem Gelenke und Antriebe für die Bewegungseinheiten auf engstem Raum konzentriert werden. K. zeichnen sich durch geringe Abmessungen und hohe Leistungsfähigkeit aus. Ihre zweckgebundene Konstruktion führt zu nur geringer Anpassungsfähigkeit an anderes Handhabegut. Vgl. Baukastengreifer.

Kompaktroboter: Roboter, der im Gegensatz zu einem Baukastenroboter eine unveränderbare Struktur des Führungsgetriebes hat. Ihr technisch-ökonomischer Einsatz ist i. allg. nur dann gegeben, wenn die Kompaktstruktur auf den zu realisierenden Handhabeprozess optimal abgestimmt ist, d. h. wenn alle installierten Funktionsbaugruppen (Meßsysteme, Antriebe u. a.) und deren Parameter (Positionierfehler, Arbeitsraum, Geschwindigkeit u. a.) zur Durchführung der Handhabeoperationen in vollem Umfang benötigt werden. IR für spezielle Anwendungen, z. B. für das Farb- und Emaille-spritzen, sind meist K.

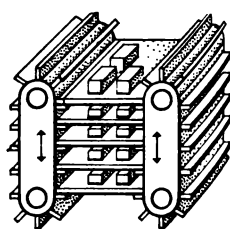
Kompaktwerkstückspeicher: Werkstückspeicher, bei dem eine sehr hohe Speicherdichte erreicht wird, indem der für das Greifen erforderliche Freiraum über den Werkstücken eingespart wird. Es sind deshalb gesteuerte Bewegungen nötig, um die Speicherflächen in die entsprechende Lage zu bringen. Mitunter können diese Bewegungen auch vom IR ausgeführt werden. Abb.



Kompaktspeicher mit
Grundform Rechteck



Kompaktspeicher mit
Grundform Scheibe



Kompaktspeicher
mit kombinierten
Grundformen

Bauformen von Kompaktwerkstückspeichern

Komparator: 1. ↗ Abbildungskorrelator. – 2. ↗ Vergleichser.

Kompatibilität: Verträglichkeit unterschiedlicher technischer Systeme, z. B. die Möglichkeit, speziell für den Robotereinsatz entwickelte Werkstückspeicher mit schon vorhandenen Ausrüstungen für den innerbetrieblichen Transport (Transport-, Umschlag- und Lagerprozeß) bewegen zu können.

Komplexeinsatz: Niveau der handhabetechnischen Automatisierung, bei dem ein ganzer Fertigungsabschnitt durchgängig mit Hilfe von IR automatisiert wird. Der K. setzt die wissenschaftliche Durchdringung des Prozesses voraus und ist i. allg. mit der Anwendung der elektronischen Datenverarbeitung und der Optimierung der Prozesse verknüpft.

Komponentenmarkierung: Verfahren zum Markieren, d. h. Kennzeichnen mit einer Nummer, von Punkten einer Region eines Bildes in einem leistungsfähigen Bildverarbeitungssystem.

Konfiguration: Lage der Glieder des Führungsgetriebes eines IR zueinander, um mit dem Endglied der kinematischen Kette, dem Greifer, einen bestimmten Punkt im Raum einzunehmen. Bei ausreichender Beweglichkeit des IR sind mehrere K.en für einen Raumpunkt möglich. In diesem Falle können Optimierungen des Bewegungsablaufs vorgenommen werden. Die Ausgangslage der Glieder wird als Anfangs-K. bezeichnet. Durch Realisierung von Elementarbewegungen wird eine geforderte End-K. erreicht.

Konfigurationenmannigfaltigkeit: Menge aller möglichen Lagen im Raum (*Lagenkonfiguration*), die die Glieder eines Manipulator einnehmen können.

Konfigurationsraum: gesamter einem Roboter zur Verfügung stehender Bewegungsraum einschließlich darin enthaltener Gegenstände, die bewegungseinschränkend wirken.

Konstantfahrphase: Anteil innerhalb einer Verfahrbewegung eines IR, bei dem die ↗ Verfahrgeschwindigkeit den höchsten Wert erreicht hat und konstant ist. Der Anteil ergibt sich, wenn von der Gesamtbewegung die Hochlauf- und die Bremsphase abgezogen werden. Bei kurzen ↗ Verfahrwegen wird die K. nicht erreicht.

Konstantförderpumpe: Druckstromerzeuger, bei dem die Größe des Gesamtförderraums nicht durch Stalleinrichtungen verändert werden kann und der unter Zuführung mechanischer Leistung einen Druckflüssigkeitsstrom erzeugt.

Werden bei einem hydraulisch angetriebenen IR mehrere hydrostatische Motoren, die gleichzeitig zugeschaltet werden, von einem Druckstromerzeuger gespeist, ergibt sich eine gegenseitige Beeinflussung des Bewegungsverhaltens. Durch die Verwendung von Drosselventilen kann eine weitgehende Entkopplung der einzelnen Verbraucher erreicht werden.

Kontaktfläche ↗ Grifffläche.

Konturbild: Darstellung eines Bildes, z. B. flächiges oder räumliches Objekt, als Linienzug im Ergebnis eines automatischen Grauwert-Bildverarbeitungsprozesses für den Vergleich mit der Kontur eines Referenzmusters. Die Kontur ergibt sich aus Grauwertanalysen, die z. B. ein Konturenprozessor nach einer bestimmten Suchstrategie ausführt. Wird ein Grauwertsprung festgestellt, so werden dessen Ortskoordinaten als Teil des K. abgespeichert.

Kooperativsteuerung, Gruppensteuerung: Bezeichnung für das Steuern von mehreren IR, die an einem Objekt arbeiten, z. B. die Montage einer Baugruppe durch mehrere IR, wobei diese gleichzeitig oder nacheinander ihre Montageaufgaben ausführen können. Es ist eine Koordinierung der Handhabeprogramme der einzelnen IR erforderlich, z. B. durch eine übergeordnete Steuerung. Vgl. Bedienung durch Anforderung, Steuerungshierarchie.

Koordinaten: Zahlen, die die Lage eines Punkts in bezug auf ein K.system eindeutig festlegen.

Koordinatensystem: System von Vorschriften, nach denen jedem Punkt einer gegebenen Punktmenge eindeutig eine Folge reeller Zahlen zugeordnet werden kann, die als Koordinaten bezeichnet werden. Das K. bildet die Grundlage für die Festlegung von Bewegungsachsen und Bewegungsrichtungen beim IR.

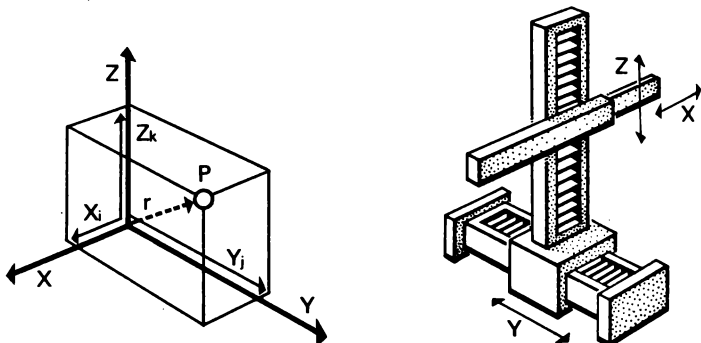
Verwendet werden je nach Arbeitsaufgabe kartesische, Kugel-, Polar- und Zylinder-K.

Koordinatensystem, gestellfestes: Koordinatensystem, welches sich auf das erste Glied des Führungsgetriebes eines IR, d. h. das Gestell bzw. den Ständer bezieht.

Koordinatensystem, gliedfestes: auf ein bestimmtes Getriebeglied des Führungsgetriebes eines IR, außer dem Gestell, bezogenes Koordinatensystem. Es dient vor allem zur Analyse der Bewegungen und Kräfte. Die relative Lage zweier aufeinanderfolgender g. K. läßt sich durch die $\nearrow$ Hartenberg-Denavit-Notation erfassen. Vgl. Gelenkkordinaten.

Koordinatensystem, kartesisches: Koordinatensystem, bei dem die Koordinatenachsen senkrecht aufeinander stehen. Jedem Punkt z. B. des Arbeitsraums eines IR kann eindeutig ein Tripel reeller Zahlen zugeordnet werden. Sie heißen die rechtwinkligen oder kartesischen Koordinaten. In Vektorschreibweise gilt $r = x_i + y_j + z_k$. Bei IR können mehrere Koordinatensysteme definiert werden, z. B. für das Führungsgetriebe, den Greifer und die Peripherie. Abb.

Koordinatensystem, körpereigenes: kartesisches Koordinatensystem, das



Kartesisches Koordinatensystem

sich i. allg. auf ein HHO bezieht und mit diesem mitbewegt wird. Koordinatensprung und Richtung der Achsen können innerhalb der Objekthüllflächen entsprechend Körperform und Aufgabenstellung gewählt werden bzw. ergeben sich z. B. aus Symmetrieachsen oder bestimmten ausgezeichneten Körperpunkten, -flächen oder -kanten. Ein k. K. kann nur für HHO bekannter Form und Abmessung definiert werden. Vgl. Bezugskoordinatensystem.

Koordinatensystem, lokales: Bezeichnung für ein Koordinatensystem einer vom IR zu bedienenden Maschine, eines Werkstückspeichers u. a. aus Sicht eines Bezugskoordinatensystems, i. allg. des ↗ Weltkoordinatensystems, dessen Koordinatensprung mit dem des IR zusammenfällt. Die Verwendung kann die Effektivität der Programmierung, insbesondere bei Mehrmaschinenbedienung, steigern.

L. K. können gegenüber dem Bezugskoordinatensystem verschoben, gedreht und bzw. oder gekippt sein.

Koordinatentransformation: Umrechnung von Werten für Position und Orientierung, die in kartesischen Koordinaten (↗ Weltkoordinaten) vorliegen, in ↗ Roboterkoordinaten eines IR und umgekehrt. Die K. ist Voraussetzung für die Erreichung, Vereinfachung bzw. qualitative Verbesserung bestimmter Steuerungsaufgaben bei Bahnsteuerungen, insbesondere für Drehgelenkroboter, Effektorbewegung auf exakten Geraden mit konstanter Bahngeschwindigkeit (in Verbindung mit der ↗ Interpolation), Optimierung der ↗ Trajektorie, Optimierung des Geschwindigkeits- und Beschleunigungsverhaltens beim Anfahren und Abbremsen, Gewährleistung bestimmter Sensorfunktionen. Die K. von Roboter- in kartesische Koordinaten wird als direkte K. bezeichnet. Sie ist für die Programmierung im direkten Teach-in von Bedeutung. Die K. von kartesischen Koordinaten in Roboterkoordinaten wird als inverse K. bezeichnet. Sie ist für die Arbeitsphase des IR von Interesse.

K.en sind rechenzeitaufwendige Operationen, wobei Echtzeitprobleme bezüglich der inversen K. auftreten können. Es besteht ein Zusammenhang zur geforderten Arbeitsgeschwindigkeit des IR.

Koordinatentransformation, direkte, Abk. DKT: Koordinatentransformation, bei der aus der momentanen Stellung der Schub- und Drehgelenke eines IR die natürlichen Koordinaten ermittelt werden. Wird als Positionspunkt P jeweils der Endpunkt einer Robotergrundachse gewählt, so erhält man für den Fall zylindrischer Grundachsenkonfiguration mit den geräte-eigenen Koordinaten r , φ und z :

$$x = r \cdot \cos \varphi,$$

$$y = r \cdot \sin \varphi,$$

$$z = z;$$

für sphärische Koordinaten r , φ_1 , φ_2 und l_1 :

$$x = r \cdot \cos \varphi_1 \cdot \sin \varphi_2,$$

$$y = r \cdot \sin \varphi_1 \cdot \sin \varphi_2,$$

$$z = r \cdot \cos \varphi_2 + l_1;$$

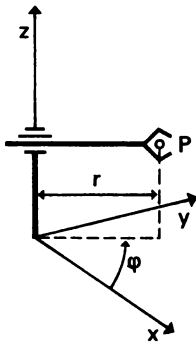
für eine Konfiguration mit drei Drehachsen (l_1 , l_2 , l_3 , φ_1 , φ_2 und φ_3):

$$x = l_2 \cdot \cos \varphi_1 \cos \varphi_2 + l_3 \cdot \cos (\varphi_2 + \varphi_3) \cos \varphi_1,$$

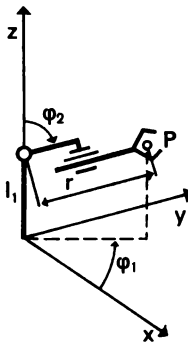
$$y = l_1 \cdot \cos \varphi_2 \sin \varphi_1 + l_3 \cdot \cos (\varphi_2 + \varphi_3) \sin \varphi_1,$$

$$z = l_1 + l_2 \cdot \sin \varphi_2 - l_3 \cdot \sin (\varphi_2 + \varphi_3).$$

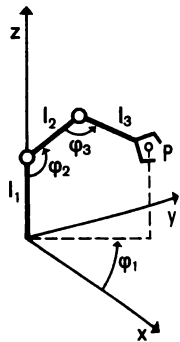
Für kompliziertere Konfigurationen erfolgt die Beschreibung zweckmäßig mit der Denavit-Hartenberg-Matrix (↗ Hartenberg-Denavit-Notation). Sie ist eine sichere und transparente Methode zur Aufstellung von Lösungsgleichungen für die inverse und d. K. Abb.



zylindrisch



sphärisch



Dreigelenkstruktur

Koordinaten für die direkte Koordinatentransformation für Robotergrundachsen

Koordinatentransformation, inverse, Abk. IKT: Koordinatentransformation, bei der aus gegebenen kartesischen Koordinaten einer Effektorposition $P(p_x, p_y, p_z)$ und seinem Orientierungspunkt $R(r_x, r_y, r_z)$ die zugehörigen Gelenkstellungen aus dem Gleichungssystem

$$q_1 = f_1(p, r)$$

$$\vdots$$

$$q_n = f_n(p, r)$$

berechnet werden.

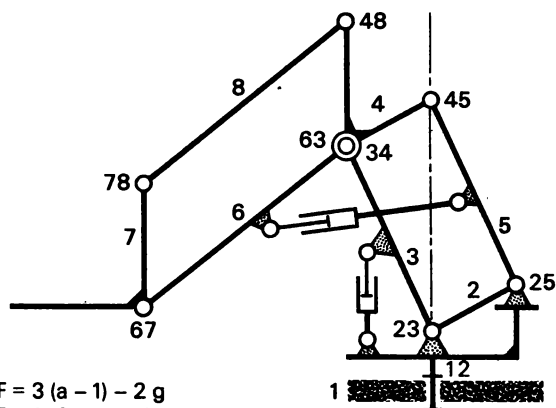
Koppel: nach der Bewegungsform benanntes festes Getriebeglied eines K.getriebes, das andere Glieder verbindet, aber nicht mit dem Gestell des Getriebes in Verbindung steht.

Koppelgetriebe: Energieumformer mit mindestens 4 Festkörpergliedern, die

durch Gleitgelenke verbunden sind. Alle K. enthalten mindestens eine feste Koppel, d. h. ein Getriebeglied, das im einfachsten Fall die beiden im Gestell gelagerten Glieder verbindet. Für einfache ebene K. läßt sich der Freiheitsgrad F aus der Anzahl der Glieder n und der Gelenke g errechnen. Abb.

Koppelmodul $\rightarrow$ Koppelsteuerung.

Koppelscheibe $\rightarrow$ Kurbelscheibe.



$$F = 3(a - 1) - 2g$$

$$F = 3(8 - 1) - 2 \cdot 9$$

$$F = 3$$

Beispiel eines Koppelgetriebes mit dem Freiheitsgrad 3

Koppelstange $\rightarrow$ Koppel.

Koppelstelle: geometrischer Ort für die Realisierung fester oder vorübergehender struktureller oder auch funktioneller Beziehungen zwischen Bauelementen oder technischen Aggregaten. Beispiel für eine K. ist die Kopplung eines aktiven Werkstückspeichers an eine Maschine zur Erlangung einer genauen Position und der Zufuhr von Antriebsenergie für den Speicher.

Koppelsteuerung, Datenaustauschsteuerung, Koppelmodul: Funktionsgruppe z. B. innerhalb einer IR-Steuerung, die dem Datenaustausch mit anderen Steuerungen dient, wie übergeordneten Steuerungen. Der Begriff K. wird auch zur Kennzeichnung von Funktionseinheiten für das Zusammenwirken von Bussen ($\rightarrow$ Bus) innerhalb einer Steuerung als Buskoppler verwendet. Vgl. Interface.

Korrelation, optische: Verfahren der Objekterkennung durch direkte und parallele Verarbeitung eines erfaßten Bildes, die optisch-analog ohne Bildwandlung erfolgt. In der industriellen Fertigung werden aus Aufwandsgründen und praktischen Aspekten inkohärent-optische Korrelatoren bevorzugt verwendet.

Korrelator: Einrichtung zum Feststellen von Zusammenhängen zwischen 2 Variablen. In der Handhabetechnik können das z. B. optische K. sein, die

dazu dienen, HHO durch Vergleich äußerer Merkmale mit einem Muster zu erkennen. Vgl. Abbildungskorrelator, Schattenwurfkorrelator.

Kraftarm: im Gegensatz zu einem Sensorarm ein nichtsensorisierter Manipulatorarm, der programmgesteuert z. B. innerhalb einer flexiblen Montagezelle das Zubringen von Montageteilen auszuführen hat.

Kraftfahrzeug: maschinell angetriebene Schreitvorrichtung, bei der die Bewegungen durch einen Operateur, der ein Außenskelett trägt, vorgegeben werden. Vgl. Walking truck.

Kraftmanipulator: Manipulator zum Bewegen von HHO von 25 bis 1000 kg, meist aber 50 bis 100 kg Masse. Er wird elektrisch angetrieben und hat 4 bis 8 Bewegungsachsen. Der K. besteht in der Regel aus einem mechanischen Arm und einem Fahrsystem, mit dem der Arm an die Arbeitsstelle gebracht werden kann. Es gibt die unterschiedlichsten Konstruktionen für einen Einsatz in meist kerntechnischen Anlagen. K.en werden von einem Operateur mit Drucktastern oder mit 1- bzw. 2-Hebel-Bedienung gesteuert. Die Arbeitsgeschwindigkeit beträgt etwa $\frac{1}{10}$ der bei mechanischen Master-Slave-Manipulatoren erreichbaren.

Kraftmeßglied $\rightarrow$ Kraftsensor.

Kraftpaarung, Kraftschluß: Sicherung der Paarung zweier Elemente in einer definierten Lage durch äußere Kräfte, wie Feder- oder Schwerkkräfte, mechanisches Anpressen oder durch Kraftfelder (Saugluft, Magnetfeld). Die reine K. kommt z. B. bei der Lagesicherung von Werkstücken im Werkstückspeicher selten vor und ist meist mit einer $\rightarrow$ Formpaarung kombiniert. Vgl. Stoffpaarung.

Kraftreflexion $\rightarrow$ Kraftrückführung.

Kaftrückführung, Kaftrückkopplung, Kraftreflexion, force-feedback: Übertragung der an einem Sklavenarm eines $\rightarrow$ Master-Slave-Manipulators wirkenden Arbeitswiderstände, Schwer- und Trägheitskräfte zum Meisterarm. Der Bediener nimmt diese am Steuerhandgriff wahr bzw. bringt sie als Reaktionskraft auf. Diese K. versetzt den Bediener in die Lage, „gefühlvoll“ zu arbeiten. Moderne Master-Slave-Systeme verfügen über eine K. durch bilaterale Regelkreise.

Kaftrückkopplung $\rightarrow$ Kaftrückführung.

Kraftschluß $\rightarrow$ Kraftpaarung.

Kraftsensor, Kraftmeßglied: Sensor zum Erfassen der auf Objekte wirkenden oder von Objekten bewirkten Kräfte. Kräfte lassen sich generell nicht direkt messen. Sie werden entweder durch das Messen von Verformungen ermittelt, die sich proportional zu den angreifenden Kräften ergeben oder indirekt über die Stromaufnahme der Antriebsmotore bestimmt. Im ersten Fall dienen als Sensorelemente z. B. Piezokristalle oder Dehnungsmeßstreifen. Beim IR wird der K. zum Messen von Arm- und Handgelenkkraften sowie zum Erfassen des beim Greifen auftretenden Kraftaustauschs mit den HHO verwendet. Vgl. Handgelenksensor, RCC-System.

Kraftverstärkung: bei einem $\rightarrow$ Master-Slave-Manipulator das Verhältnis von am Meisterarm ausgeübter Kraft durch einen Operateur zur wirkenden Kraft am Sklavenarm. Die K. kann 1:1, 1:3 oder 1:6 gewählt werden.

Krankenpflegemanipulator: Lastarmmanipulator, der für das Heben und

Bewegen von Patienten in Krankenhäusern und in der Patientenbehandlung eingerichtet ist.

Krankenschreitstuhl $\rightarrow$ Schreitstuhl.

Kreisförderer: Förderer mit Gehängen, die durch Laufwerke getragen werden. Die Laufwerke laufen in oder auf Führungsbahnen und werden durch angetriebene, umlaufende, endlose Zugmittel bewegt.

Kreisinterpolation, Zirkularinterpolation: Interpolationsart ($\rightarrow$ Interpolation), bei der die errechneten Punkte zusammen mit den programmierten Punkten auf einer Kreisbahn im Raum liegen. Diese wird mathematisch ausreichend durch 3 aufeinanderfolgende programmierte Punkte beschrieben.

Kreisschiebung: exakte oder angenäherte Parallelführung eines Körpers in einem Bezugssystem, bei dem alle Punkte des geführten Körpers gleichgroße, gleichliegende Kreise beschreiben.

Kreuzportalroboter $\rightarrow$ Flächenportal.

Kreuzschiebetisch: Verfahrenheit für 2 Schubbewegungen, deren Richtungen senkrecht aufeinander stehen, zur Aufnahme von Werkstückspeichern oder Handhabeeinrichtungen. Die Bewegung erfolgt in 2 gesteuerten Achsen. Werkstückspeicher auf K.en erlauben den Einsatz eines einfachen IR mit $\rightarrow$ Punktzugriff; der beanspruchte Platz ist jedoch größer als bei anderen Speichern.

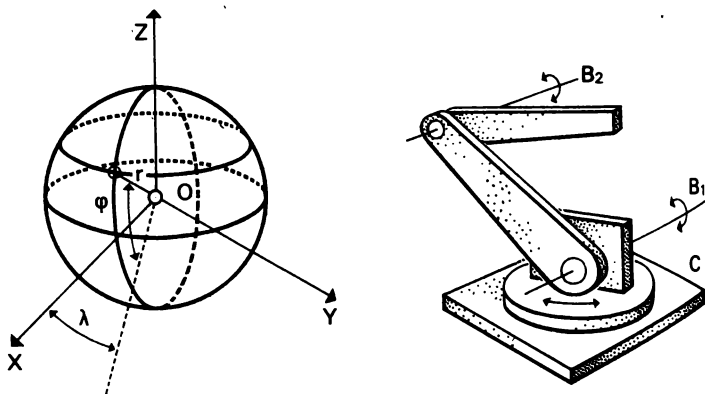
Kreuzschienenverteiler: spezifische Ausführung eines Programmspeichers, der in seiner einfachsten Form aus einer Matrix besteht, deren Kreuzverbindungen durch Dioden oder Kurzschlußstecker dieser lose zugeordnet werden ($\rightarrow$ Steckerfeld). Den Y-Matrixleitungen sind z. B. die Instruktionen und den X-Matrixleitungen die einzelnen Programmschritte zugeordnet. Die Programmeingabe kann dabei durch Lochschablonen vereinfacht werden. Über einen Schrittgeber werden die X-Leitungen nacheinander angesteuert. Der K. ist für die Steuerung einfacher Manipulatoren mit relativ wenigen Programmschritten geeignet. Eine spezielle Ausführungsform ist die Programmkarte.

Kriterienliste: Hilfsmittel bei der Einsatzvorbereitung von IR. Sie dient der systematischen Auswahl von geeigneten Arbeitsplätzen, indem nach aufgelisteten Entscheidungskriterien das HHO, das Fertigungsmittel, periphere Einrichtungen sowie die Erfordernisse an die Handhabeeinrichtung untersucht und bewertet werden. Im Ergebnis erhält man eine Rangfolge für die Eignung von Arbeitsplätzen für eine Robotisierung.

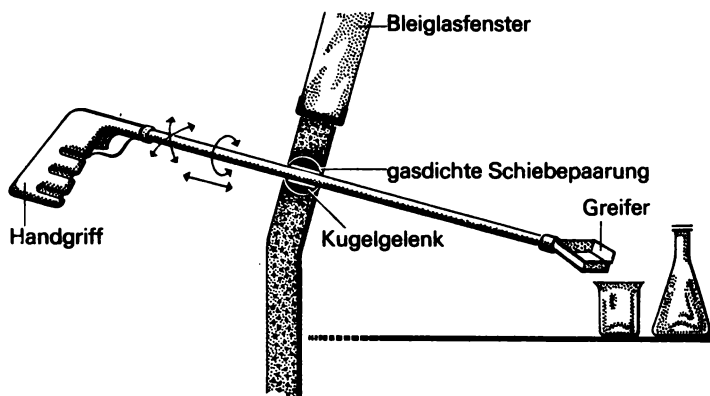
Kugelgelenk: Gleitgelenk, dessen Gelenkelemente eine Kugel und eine Hohlkugel sind. Die Bewegungsmöglichkeiten der Gelenkelemente sind 3 Drehungen (Gelenkfreiheitsgrad 3); sie können mehr oder weniger eingeschränkt sein.

Kugelkoordinaten, räumliche Polarkoordinaten: Angaben zur Beschreibung eines Punktes im Raum mit den Werten r , φ und λ . Bei IR mit der Struktur DDS erweist sich als zweckmäßig, für den damit entstehenden kugelförmigen Arbeitsraum K. zu verwenden. Abb. S. 190.

Kugelmanipulator: zum Handhaben radioaktiver, verseuchter oder giftiger Substanzen geeigneter Ferngreifer, dessen Finger direkt von einem Opera-



Darstellung eines Raumpunkts in Kugelkoordinaten



Kugelmanipulator in einer Strahlenschutzwand

teur auf mechanische Art bewegt werden. Der K. ist mit einem Kugelgelenk direkt in die Schutzwand eingebaut. Der Operateur arbeitet nach Sicht. Abb.

Kugelschraubtrieb ↗ Wälzschraubgetriebe.

Kugelschrittschaltwerk: elektromechanischer Programmspeicher, bestehend aus einer Programmwalze, die mit jedem Schritt um einen definierten konstanten Winkel weitergedreht wird, und auf dessen Umfang sich Kontaktbahnen mit Vertiefungen befinden, in die für die Programmierung Metallkugeln eingelassen werden können. Jeder Kontaktbahn entspricht ein Befehl bzw. eine Information binärer Wertigkeit. Eine dazu orthogonal fest angeordnete Kontaktschiene stellt über die Kugeln eine elektrisch leitende Verbindung zu den betreffenden Kontaktbahnen her. Die prinzipielle Wir-

kungsweise des K. entspricht der eines ↗ Kreuzschienenverteilers. Das K. wird in der IR-Technik wenig angewendet.

künstlicher Mensch: Nachbildung des Menschen, oft als *Maschinenmensch* bezeichnet, die die äußere Form eines Menschen hat und mehr oder weniger gut menschliche Bewegungen und Tätigkeiten auszuüben vermag.

Die Alchimisten des Mittelalters glaubten, Miniaturmenschen auf chemischem Wege herstellen zu können. Sie bezeichneten diese als *Homunkuli*.

Eine eiserne Dienerin soll um 1246 *Albertus Magnus* hergestellt haben. Später gefertigte k. M.en, die ihres menschlichen Aussehens wegen auch als ↗ Androiden bezeichnet wurden, können programmgesteuert Tätigkeiten, wie musizieren, zeichnen und schreiben, ausführen. Beispiele sind die automatische Klavierspielerin (1774) von H.-L. ↗ *Jaquet-Droz* und J. F. ↗ *Leschot*, der Schreiber und der Zeichner von *Jaquet-Droz*, der Flötenspieler (1890) von J. *Rouillet*, der trommelnde Roboter SABOR II (1930) von A. *Huber*, *Marilyn Monroe* als computergesteuerte Schaufensterpuppe aus Plast u. a.

Kupplung: Maschinenelement zur festen oder elastischen, bei Stillstand oder in Betrieb ein- und ausrückbare Verbindung zweier Wellen zur Übertragung eines Drehmoments.

Kurbelgreifereinrichtung: meist als ↗ Portalmanipulator ausgeführte ältere Bauart einer Beschickungseinrichtung, bei der der Greifer über einen Kurbelantrieb bewegt wird und bogenförmig die Position anfährt.

Kurbelscheibe, Koppelscheibe: Teil eines Parallelkurbelgetriebes, mit dem Bewegungen mit der Übersetzung 1 weitergeleitet werden können. Die beiden K. eines Parallelkurbelgetriebes sind durch eine Koppel oder 2 Koppeln (bei übergeschlossenen Getrieben) verbunden. Der Drehwinkel der K. ist durch die Koppeln begrenzt, da diese an die Kurbelzapfen, die sich auf der K. befinden, anstoßen. Die Kurbelzapfen sind einstellbar, um die Beanspruchungen, die aus der Überbestimmung bei 2 Koppeln resultieren, zu minimieren. Durch die Überbestimmung bedingt ist das Getriebe an sich nur bei Einhaltung idealer Parallelogrammabmessungen der Koppeln und K. bewegbar. Infolge der unvermeidbaren Gliedlängenfehler treten immer Beanspruchungen der Glieder und Drehgelenke auf.

Kurzhubeinheit: Lineareinheit mit geringem Verfahrweg, z. B. 50 mm. Die K. wird gewöhnlich als Greiferachse installiert und dient zur Ausführung von Einlege- und Einsteckbewegungen durch einen IR, ohne daß deshalb das gesamte Führungsgetriebe bewegt werden muß.

Kybernetik: Wissenschaft von (abstrakten) Systemen. Diese Systeme widerspiegeln als Analogiemodelle wesentliche allgemeine Eigenschaften von Klassen dynamischer Systeme in den Bereichen Regelung, Selbstorganisation und -reproduktion, Informationsverarbeitung und -speicherung, strategisches Verhalten u. a. Eigenschaften. Auch müssen sie in Übereinstimmung mit Gesetzmäßigkeiten der objektiven Realität als theoretische Modelle möglicher dynamischer Systeme dieser Art angesehen werden. Die K. entstand in den Jahren 1940 bis 1948, wobei grundlegende Arbeiten von N. *Wiener*, C. E. *Shannon*, A. N. *Kolmogorow*, A. A. *Andronow*, J. v. *Neumann* u. a. beigesteuert wurden.

Die K. ist u. a. eine wesentliche Grundlage für die Konstruktion moderner Rechnersteuerungen und auch für die Bewältigung des Informationsflusses beim Betreiben von IR, besonders bei solchen der 2. und 3. Generation.

kybernetisches Tier: Einrichtung, die zur Klasse der kybernetischen Maschinen gehört. Mit k. T.en versuchte man Anfang der fünfziger Jahre, einfachste tierische Verhaltensformen zu modellieren und zu untersuchen. Grundlage bildet meist die elektronische Nachbildung bedingter Reflexe. Einige bekannte k. T. waren die künstliche Maus *Theseus* im Labyrinth von C. E. Shannon (1950), die kybernetische Schildkröte *Elsie* (Electro Light Sensitive with Internal and External Stability) von G. Walter (1950), die Schildkröte *Cora* (Conditioned Reflex Automation) von G. Walter, Schildkröten von H. Zemanek und E. Eichler, Eichhörnchen von Berkeley, die Motte von Wiener, der Hund von Pirro, der Fuchs von Ducrocq. Heute werden k. T. hauptsächlich auf Elektronenrechnern simuliert und kaum noch als körperliches Modell getestet.

Kyborg: zusammengesetzter Begriff aus *Kybernetik* und *Organismus*. Ein K. wäre ein Roboter, dessen Körper entweder durch künstliche Wachstumsprozesse aufgezogen ist oder durch Mutation oder Zweckentfremdung eines natürlich gewordenen Lebewesens entsteht.

L

Lackierroboter ↗ Farbspritzroboter.

Ladeportal: einfacher ein- oder zweiarmer Manipulator, der auf einem Portal über den Maschinen verfahrbar angeordnet ist und das Beschicken derselben durchführt. Vgl. Portalindustrieroboter.

Lader: 1. ↗ Werkstücklader. – 2. ↗ Einlegeeinrichtung.

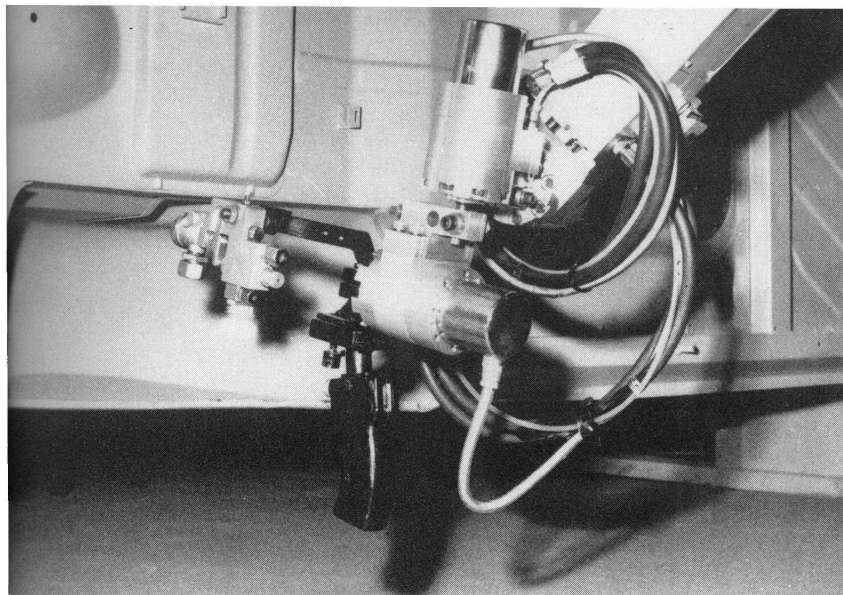
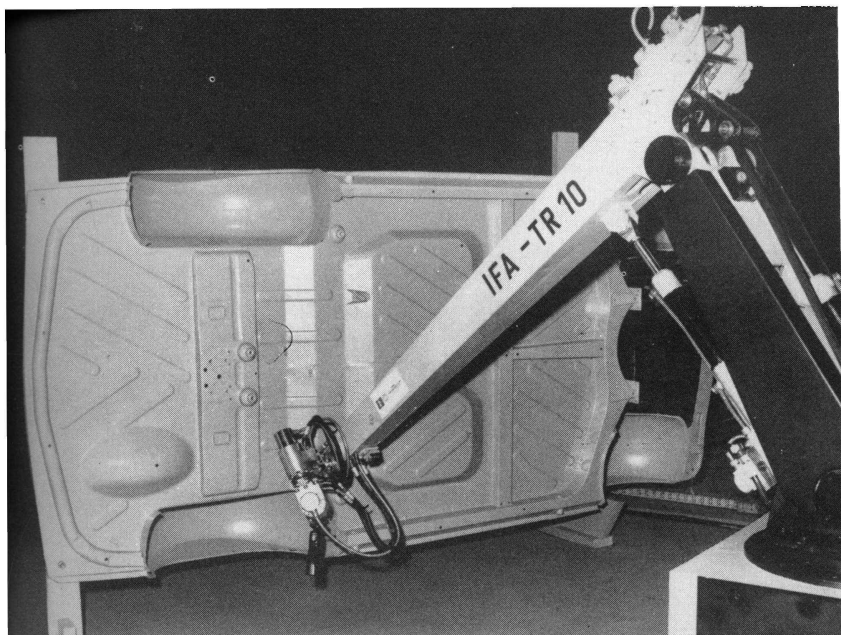
Lagefehler: Kennwert zur Charakterisierung der Arbeitsgenauigkeit des Arbeitsorgans eines IR. Er setzt sich aus den Komponenten des Positionierfehlers (↗ Positioniergenauigkeit) eines charakteristischen Punkts und den Komponenten des Orientierungsfehlers (↗ Orientierung) zusammen. L. werden von strukturellen und funktionellen Störeinflüssen verursacht.

Lagegeber: 1. ↗ Inkrementalgeber. – 2. ↗ Wegmeßsystem. – 3. ↗ Positioniersensor.

Lageprüfen: in der Handhabetechnik das Feststellen der Lage und bzw. oder der Position eines HHO zum Ordnen sowie zur Überwachung von Handhabeoperationen.

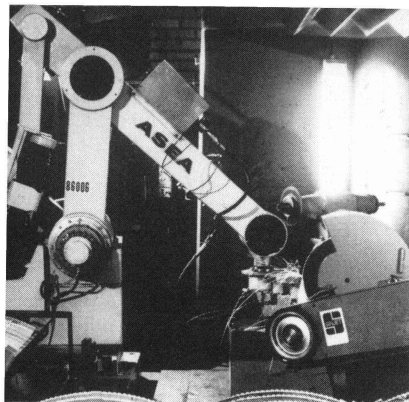
Lagern: Speicherung von Arbeitsgegenständen und Erzeugnissen während des Fertigungsablaufs zur Pufferung und zur Durchführung natürlicher Prozesse, z. B. Alterung, Trocknung.

Lageregelkreis: Variante der Bewegungssteuerung, bei der das Stellsignal – die *Stellgröße* – für den Antrieb einer Bewegungsachse kontinuierlich aus dem Soll-Ist-Vergleich der Position bzw. Orientierung abgeleitet wird. Die

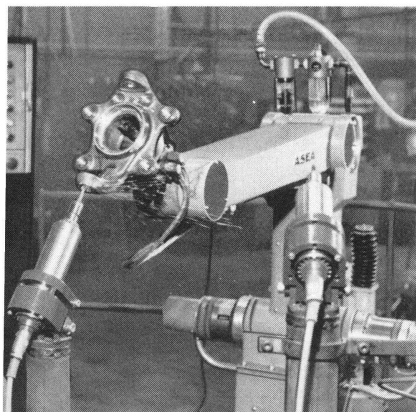


Tafel 9

- 1 1 Farbspritzroboter IFA TR 10 beim Unterbodenschutzspritzen · 2 Spritz-
- 2 kopf mit Handgelenkachsen und Handgriff für die Teach-in-Programmierung

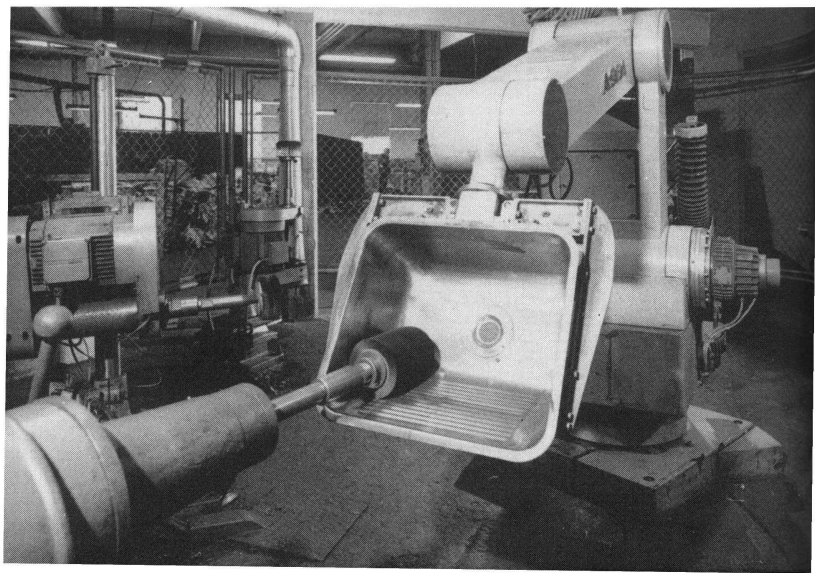


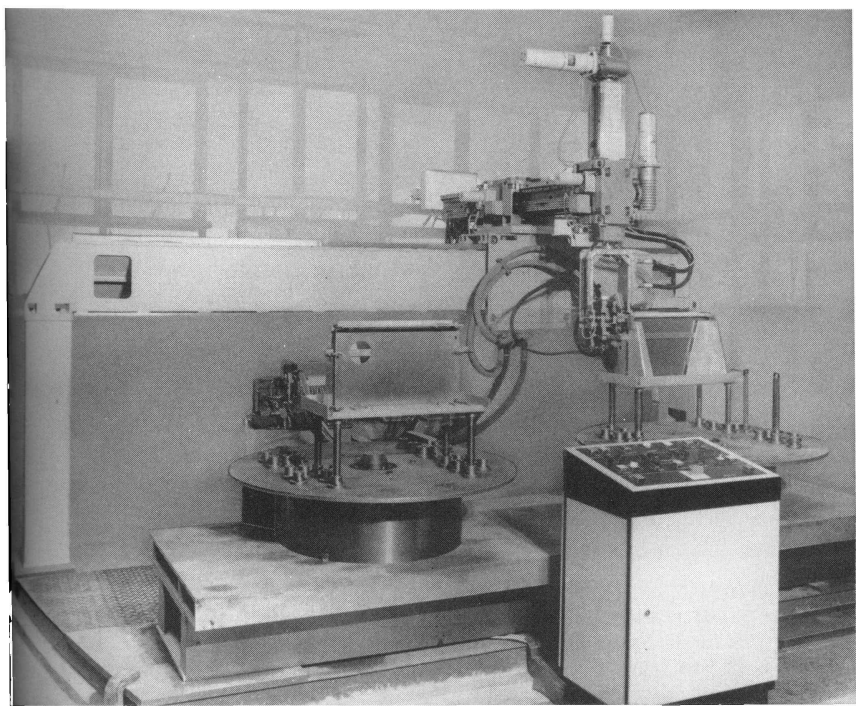
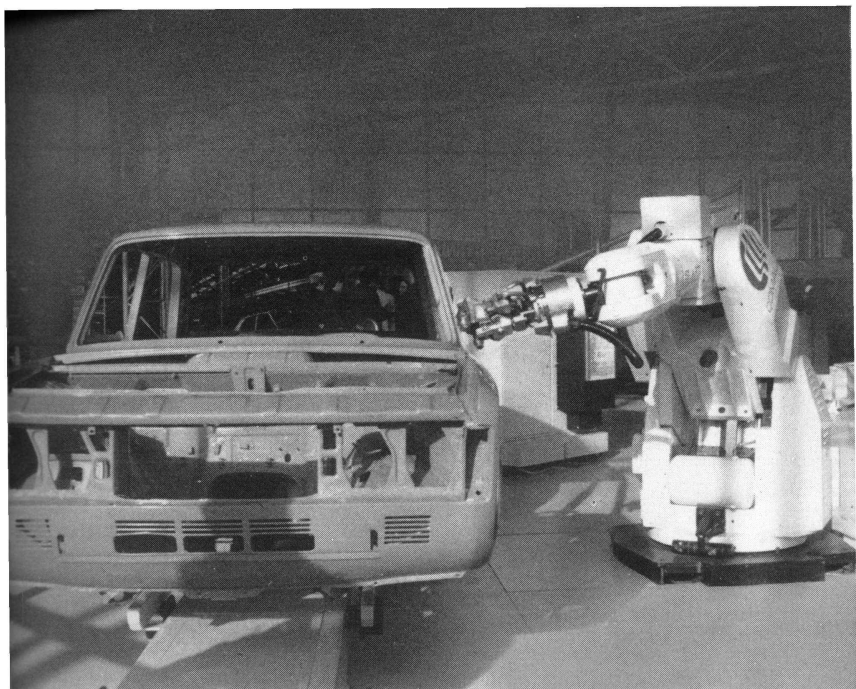
1	4
2	5
3	

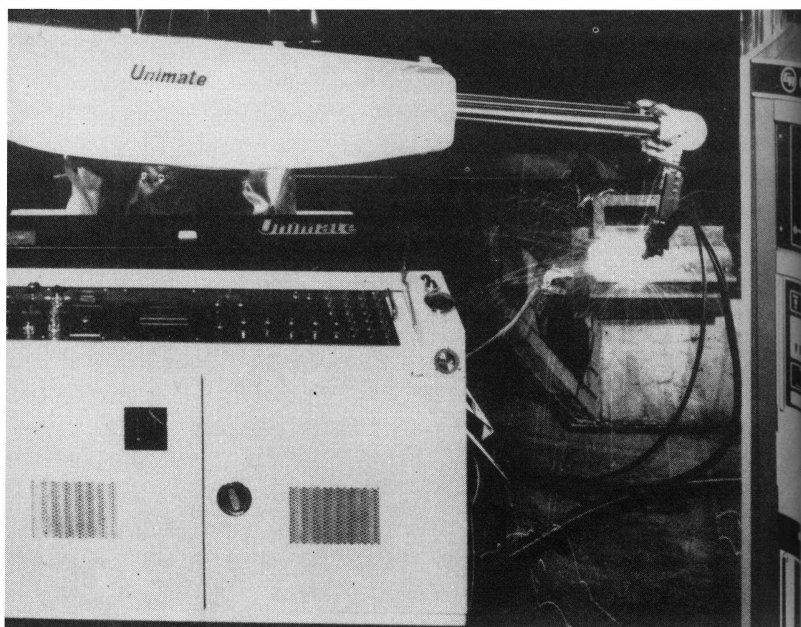
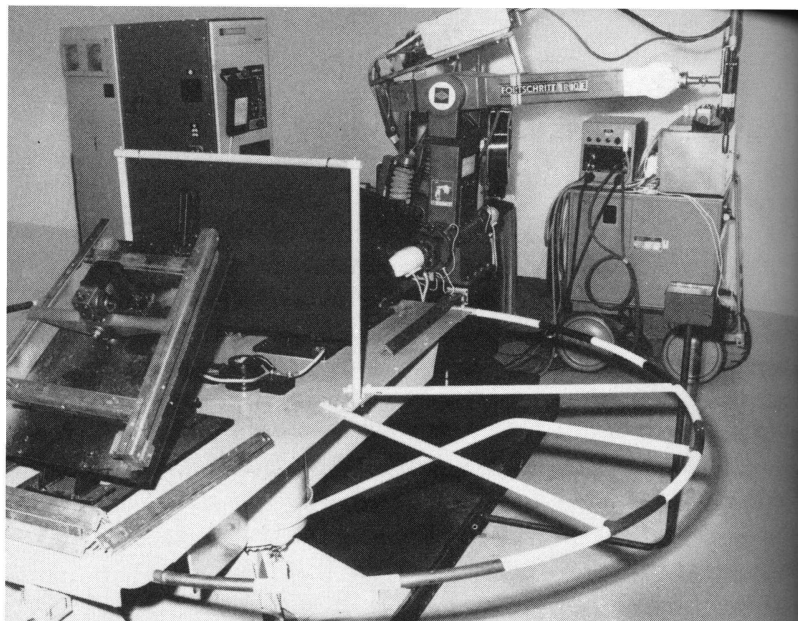


Tafel 10/11

1 Abtrennen der Eingüsse und Entgraten von Gußteilen (ASEA) · 2 Entgraten von Kfz-Lenkspindeln mit einem Drehgelenkroboter (ASEA) · 3 Polieren von Edelstahlpülbecken an stationären Schleifkörpern (ASEA) · 4 Drehgelenkroboter SMART von COMAU mit Punktschweißzange zum Fügen von Autokarosserien · 5 Widerstandspunktschweißroboter PSR 02 mit zwei Drehtischspannvorrichtungen (ZIS Halle)

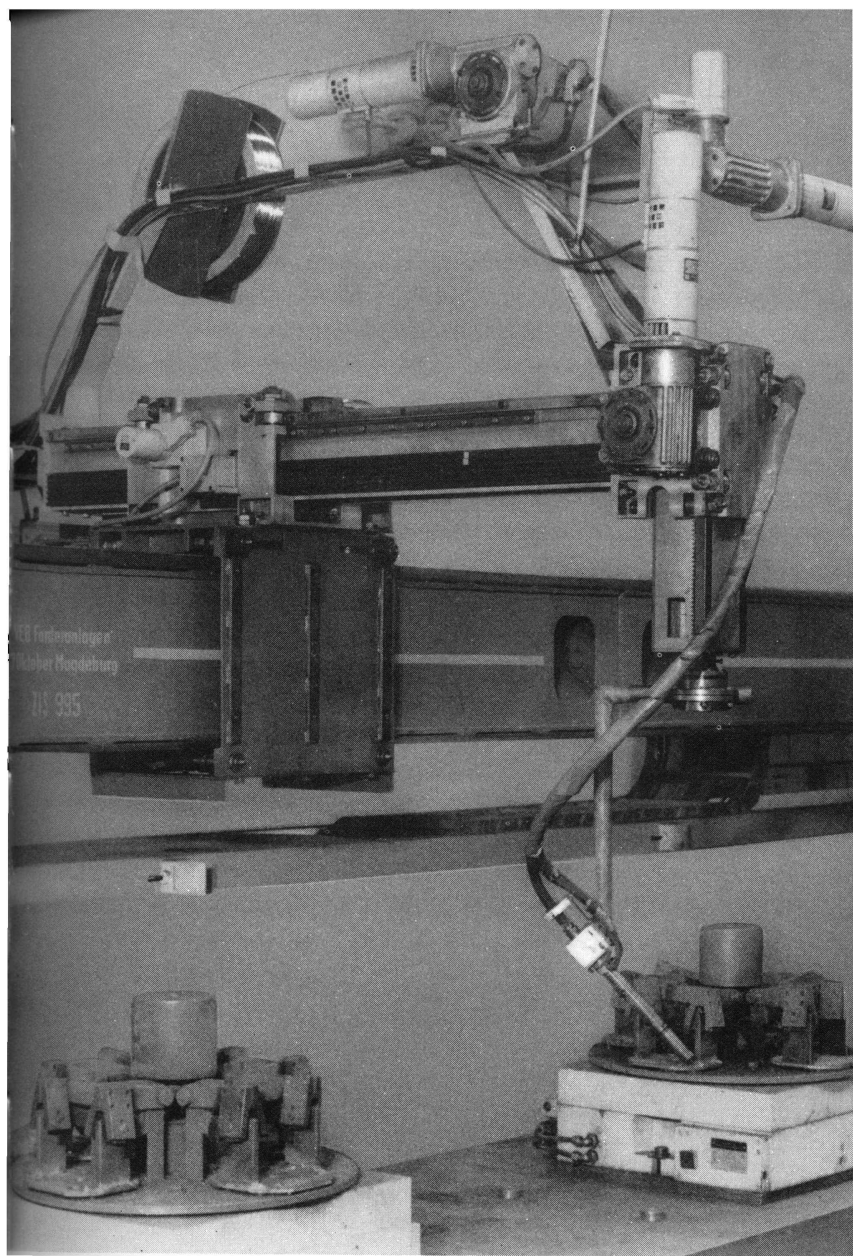






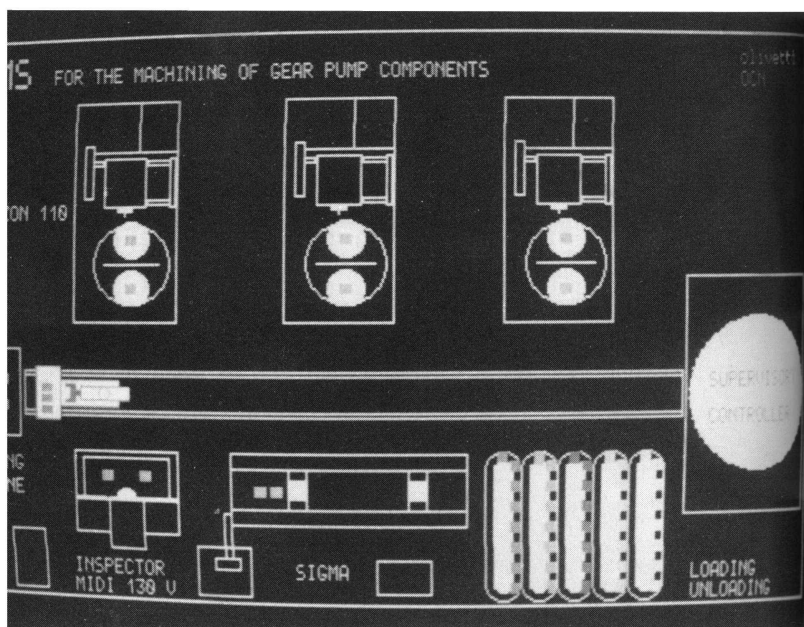
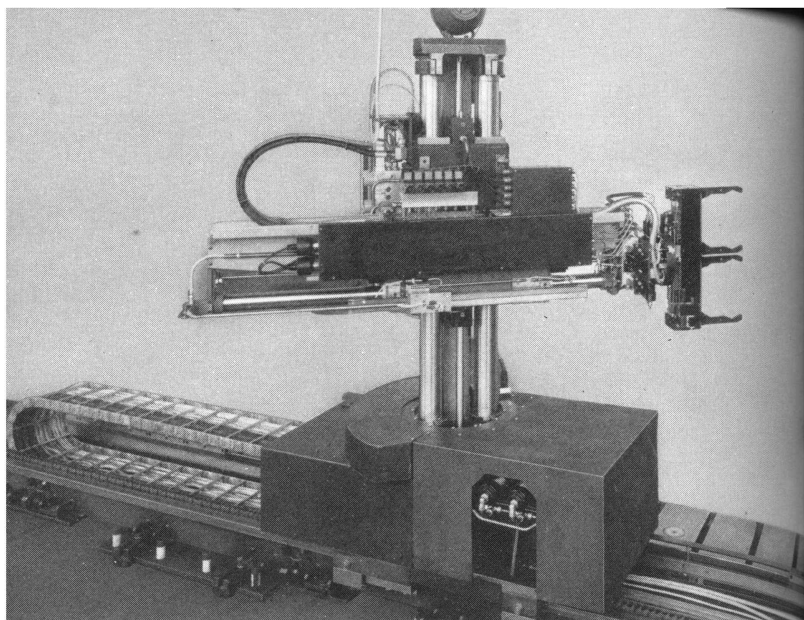
Tafel 12

**1 Roboterarbeitsplatz zum Lichtbogenschweißen mit Zweistationen-Dreh-
tisch für die Spannvorrichtungen · 2 Lichtbogenschweißen mit Rechnerkon-
trolle von Schweißweg und Schweißparametern (Unimation)**



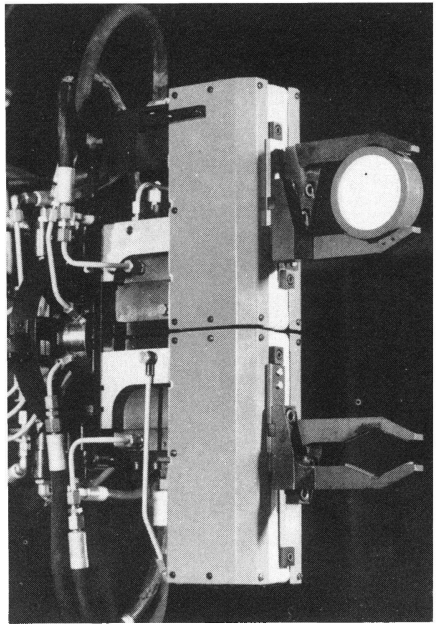
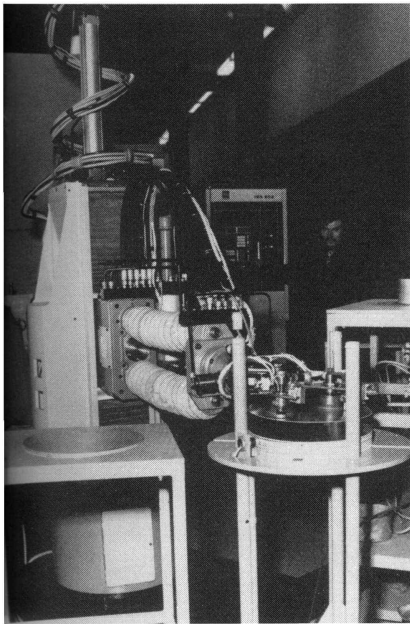
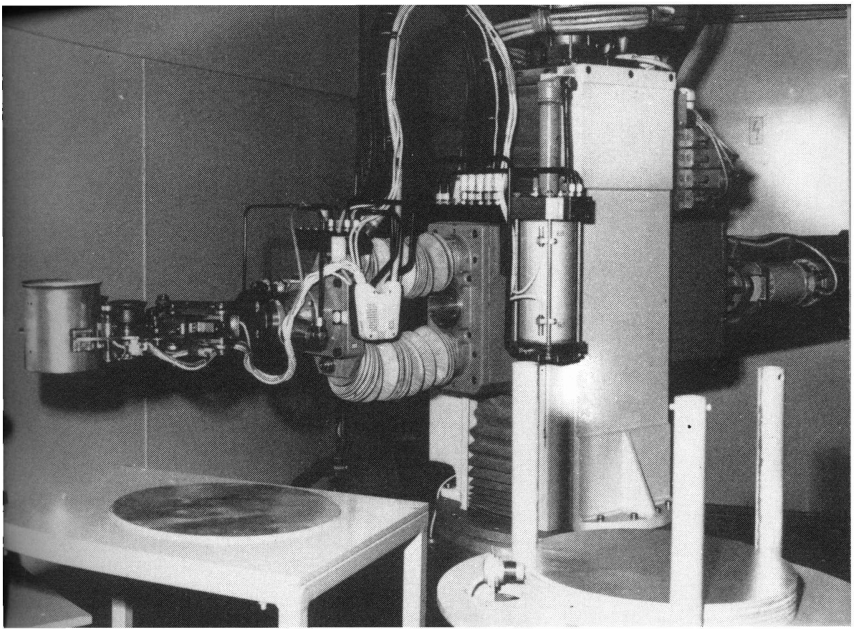
Tafel 13

Lichtbogenschweißroboter ZIS 995 mit modularem Aufbau



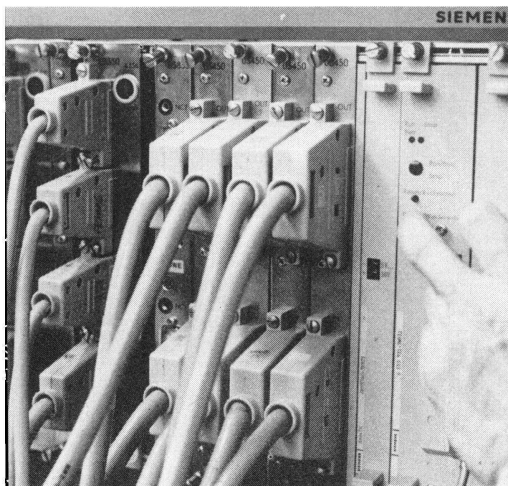
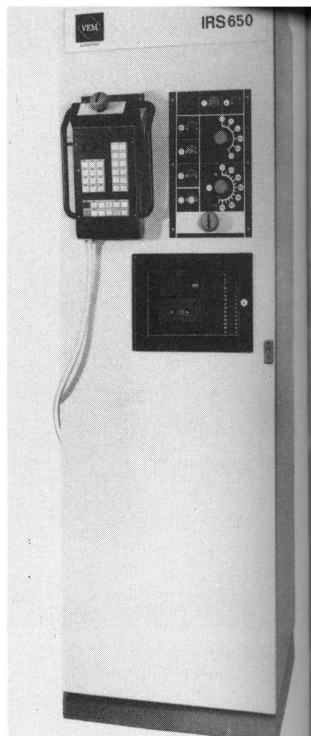
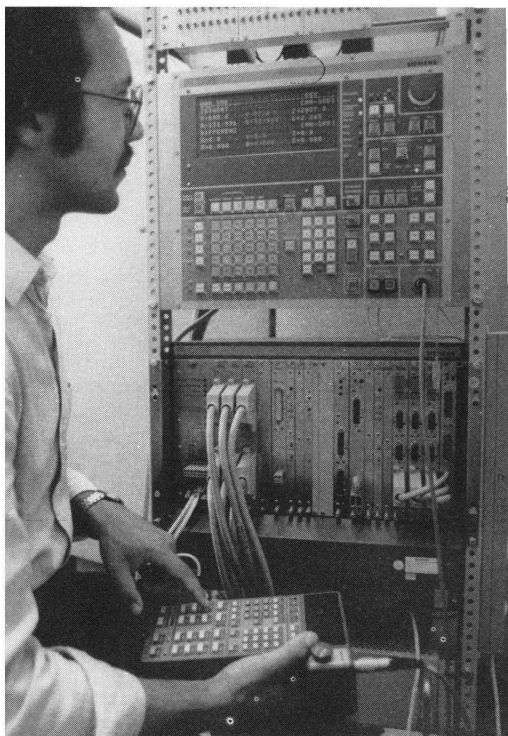
Tafel 14

- 1 1 Roboter IR 2 S 1 auf einer Verfahreinheit zur Mehrmaschinenbedienung (BWF Berlin) · 2 Simulation der Mehrmaschinenbedienung durch einen verfahrenbaren Roboter auf dem Bildschirm (Olivetti)
- 2



Tafel 15

- 1 1 Industrieroboter mit Mehrfunktionengreifer; Greifen des Fertigteils mit Backen
- 2 3 Greifen der Ronde mit Sauger und Einlegen in die Presse (Kombinat Haushaltgeräte)
- 3 Paralleldoppelgreifer mit austauschbaren Fingern



Tafel 16

- 1 2 1 Speicherprogrammierbare Steuerung RCM zur Steuerung mehrerer Indu-
 3 4 strieroboter (Siemens) · 2 Industrierobotersteuerung IRS 650 – Steuer-
 schrank (Numerik Karl-Marx-Stadt) · 3 Logikrahmen der Robotersteuerung
 RCM (Siemens) · 4 Befehlstafel zur Robotersteuerung IRS 650

Wirkung des Stellsignals ist ständig auf den Angleich des Istwerts an den Sollwert gerichtet. Im Gegensatz zum Abschaltkreis befindet sich die Achse ständig im gesteuerten Zustand.

Die Beherrschung notwendiger Qualitätsforderungen an die Bewegung, insbesondere das Einfahrverhalten in die Sollposition, erfordert eine Auswahl und Dimensionierung des Reglers auf der Grundlage der mechanischen Kennwerte der Bewegungseinheit, wie Masse, Massenträgheit, Verformung, Spiel und Reibung, der Eigenschaften des Antriebs und des Wegmeßsystems. Als Mittel stehen dem Regelungstechniker die Wahl der mathematischen Funktion für das Stellsignal in Abhängigkeit von der Soll-Ist-Differenz sowie des (Übertragungs-) Verhaltens des Reglers, z. B. Proportionalregler, Proportionalintegralregler u. a. zur Verfügung.

L. erfordern grundsätzlich Wegmeßsysteme zur Erfassung des Istwerts der Bewegungsachse.

Lagesensor ↗ Positioniersensor.

Lagesichern: Handhabeoperation, die das Verhindern der durch das Bestimmen hergestellten definierten räumlichen Lage (Position und Orientierung) eines HHO über zulässige Werte hinaus bewirkt. Das kann durch Formpaarung (*Aufnehmen*), Reibpaarung (*Spannen*) oder Stoffpaarung (*Haftkleben*) erfolgen.

Lagesicherungselement: Bauelemente, die HHO auf einer Speicherfläche in bestimmter Lage halten. Der Vorgang *Lagesichern* kann durch Kraft-, Form- und Stoffpaarung bewirkt werden. Am häufigsten wird das Lagesichern formpaarig durchgeführt, indem der Innen- und bzw. der Außenkontur des Werkstücks ähnliche Gegenprofile auf der Speicherfläche nachgebildet werden.

Lagestabilität: Eigenschaft, die das Verhalten von Werkstücken kennzeichnet, stabile Lagen einzunehmen. Teile in instabiler Lage können z. B. nur in eingespanntem Zustand bewegt werden. Die Beurteilung der L. erfolgt mit Hilfe des *Lagequotienten*, der die Anzahl der stabilen Lagen zur Anzahl der zulässigen Lagen beim ↗ Ordnen ausdrückt.

LAMA [engl., Abk. für *language for automatic mechanical assembly*]: Programmiersprache für IR, die es dem Anwender ermöglicht, Montageoperationen möglichst zielorientiert und ohne explizite Details zu beschreiben. Sie wurde 1976 in den USA entwickelt.

Lamellenpaketgreifer: Werkstückgreifer, bei dem die Negativform der Werkstücke durch Abformen mit Hilfe eines Pakets in die Greifbacken eingebauter Lamellen erreicht wird. Nach dem manuellen reversiblen Abformvorgang werden die Lamellen geklemmt. Vgl. Abformbacken.

LAN [engl.]: Abk. für *local area network*. ↗ lokales Netzwerk.

Langgut: Arbeitsgut, mit einer Länge > 3 m, wobei das Verhältnis $L/D \gg 1$ gilt. Für die Handhabung von L. müssen mehrere sich synchron bewegende IR oder spezielle Handhabeinrichtungen eingesetzt werden.

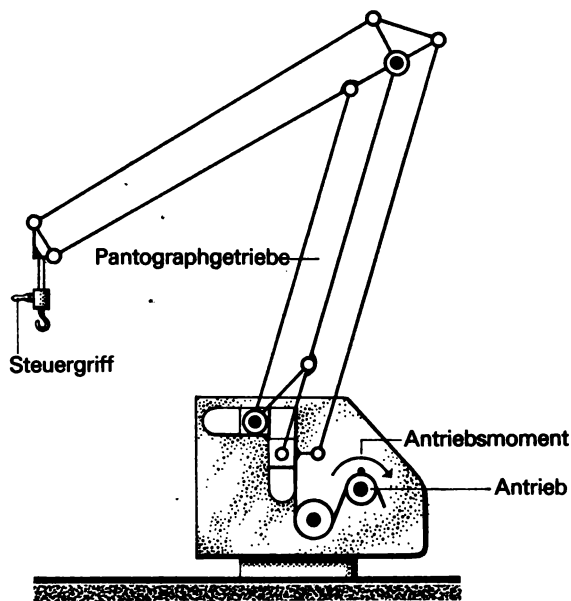
Langteilgreifer: Greifer, der mehrere parallel angeordnete Greiffingerpaare oder Sauger bzw. Magnete besitzt, die gleichzeitig betätigt werden und damit lange oder sperrige Werkstücke aufnehmen können.

Langzeitverhalten: geometrische Prüfgröße für IR, die sich auf den Positio-

nierfehler bezieht. Sie gibt darüber Auskunft, welche Zeit bis zur thermischen Stabilität benötigt wird, d. h. bis keine temperaturabhängigen Positionsabweichungen mehr erkennbar sind.

Laser-Roboter-System: Fertigungseinrichtung, die aus einer Integration von Industrielaser und IR besteht. Der Laserstrahl wird i. allg. vom IR über das Werkstück geführt. Es wurden schon 6-Achsen-Roboter-Laser-Systeme mit einer Strahlleistung von bis zu 5 kW entwickelt. Für die Zukunft ist die Entwicklung kostengünstiger kompakter Kohlendioxidlaser von großer Bedeutung, damit das Lasersystem unmittelbar am Roboterarmende montiert werden kann, so daß die bisher nötigen aufwendigen Strahlführungssysteme entfallen können. Anwendungen werden beim räumlichen Schneiden von Konturen an Werkstücken aus Stahl, Aluminium, Plast, Gummi, Holz, Glas, Keramik sowie beim Punkt- und Nahtschweißen an dreidimensionalen Teilen gesehen.

Lastarmmanipulator, Analoghandlinggerät, Ausgleichheber, Balancer, Lasthebemanipulator, Lastheber: Manipulator, der direkt handgesteuert wird, indem der Bediener unmittelbar, mit Hilfe von Griffen, das Führungsgetriebe mit der angehängten Last in die gewünschte Lage bringt bzw. auf den erforderlichen Bahnen führt. Die Führungen sind deshalb leichtgängig, weil die Schwerkkräfte des Manipulators und der angehängten Last kompensiert sind. Das Antriebsmoment des abkuppelbaren Antriebs zum Heben der Werk-



Lastarmmanipulator: direkt handgesteuerter Manipulator als Lastheber mit 4 Beweglichkeiten

stücke, kann elektrisch, pneumatisch oder hydraulisch aufgebracht werden. Der Bediener kann das Operationsfeld in der Regel direkt einsehen. Der L. kann stationär oder auch z. B. an der Decke verfahrbar angeordnet werden. Vgl. Master-Slave-Manipulator, Synchronmanipulator. Abb.

Lastausgleich, Schwerkraftausgleich: Ausgleich der an den bewegten Gliedern eines Führungsgetriebes auftretenden Schwerkraft, um die Antriebe bei Bewegungen entgegen den Schwerkraften zu entlasten. Der L. der Schwerkraft kann durch Gegenmassen, gesteuerte Antriebe, ungesteuerte Schubkolbenantriebe mit Druckbegrenzungs- bzw. Drosselventil und Federn erreicht werden.

Lasthaftgerät: Aufnahmemittel für HHO, die ein Objekt durch die Kraftwirkung magnetischer Feldlinien (*Elektrolastmagnet*) oder durch erzeugten Unterdruck (*Vakuum-L.*) aufnehmen. Vgl. Magnetgreifer.

Lasthebemagnet ↗ Hubmagnet.

Lasthebemanipulator ↗ Lastarmmanipulator.

Lastheber ↗ Lastarmmanipulator.

Lauf ↗ Automatik.

Laufgrad ↗ Getriebefreiheitsgrad.

Laufmaschine ↗ Schreitmaschine.

Layout [engl.]: grafische Darstellung einer Anordnung von Objekten auf einer Fläche, die z. B. durch technologische, bautechnische und organisatorische Angaben ergänzt sein kann.

Layoutplanung: zweckgebundene Auswahl einer möglichst optimierten Technik und Darstellung als Layout. Bei der L. von IR-Arbeitsplätzen kann die Maschinenaufstellung, die z. B. kreisförmig, in Linie oder Doppellinie erfolgen kann, Ausgangspunkt sein. Die L. erlaubt eine Überprüfung und Beurteilung verfügbarer Platzverhältnisse, die materialflußtechnische Einordnung, die Gestaltung von Sicherheitszonen, die Lage des Arbeits- und Kollisionsraums des IR, der Ein- und Ausgabekanäle an Fertigungs- und Peripherieeinrichtungen, der bautechnischen Gegebenheiten, der Zugänglichkeit für Wartungs- und Umstellarbeiten und der zeitoptimalen Verfahrensweg.

Lead-Through-Programmierung [engl.]: Variante der Teach-in-Programmierung, bei der der Bediener den Roboterarm manuell vom Arbeitspunkt bewegt und dabei mittels eines im Arm des Roboters befindlichen Programmierknopfs die Koordinaten speichert.

Leckage: Austreten, Aussickern, Verdunsten von Flüssigkeiten bei hydrostatischen Antrieben. Die L. beeinträchtigt die Sauberkeit am IR-Arbeitsplatz und schließt unter Umständen einen Einsatz in bestimmten Industriezweigen (Lebensmittelindustrie) oder wegen Brandgefahr aus. Mitunter werden auch nichtbrennbare Flüssigkeiten in Hydrauliksystemen verwendet.

LED [engl., Abk. für *light emitting diode*]: lichtaussendende Diode, Leuchtdiode bzw. Lumineszenzanzeige.

LED-Zeile: aus Leuchtdioden aufgebaute Zeile (Anzeigefeld) zur Ausgabe von Daten und Informationen.

Lehrkoordinaten: Koordinaten (-system), in dem ein Programmierer einen

IR mit z. B. Bahnsteuerung verfährt, ohne den kinematischen Aufbau des Roboters berücksichtigen zu müssen. Am häufigsten wird das kartesische (rechtwinklige) Koordinatensystem als L.system benutzt, das dem gewohnten räumlichen Vorstellungsvermögen entspricht.

Leistungsteil: Teil einer IR-Steuerung, bestehend aus den Leistungs(strom)kreisen, gegebenenfalls den Schaltungsanordnungen zur unmittelbaren Ansteuerung dieser Kreise und den zugehörigen Stromversorgungen einschließlich der Schutz- und Überwachungseinrichtungen. L. sind z. B. Schütze, Relais, Schalttransistoren für Stellglieder am IR und an den technologischen Einrichtungen, ↗ Antriebssteller, Netzeinspeisungen, Transformatoren, Gleichrichter. L. können in einem separaten Gehäuse untergebracht oder vom ↗ Logikglied der Steuerung konstruktiv abgetrennt (geschottet) sein. Vgl. Starkstromteil.

Leitsteuerung ↗ Zentralsteuerung.

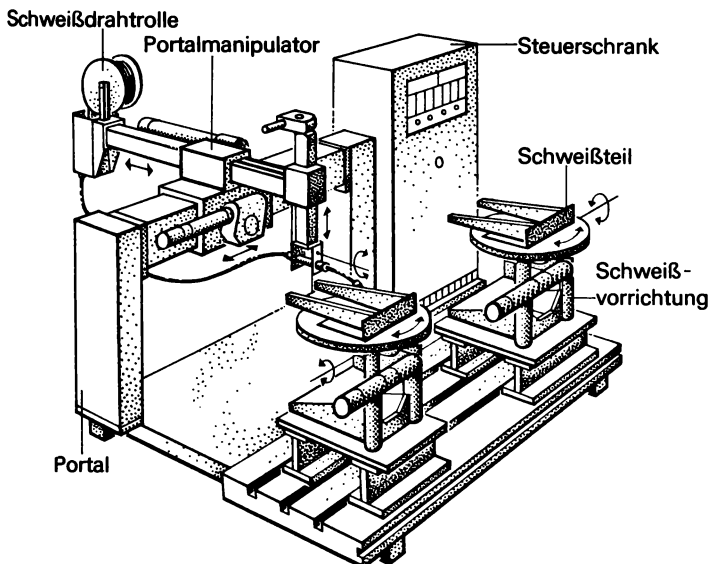
lernen: Erwerben oder Verbessern einer Eigenschaft eines Systems in Wechselwirkung (*Informationsaustausch*) mit einer Umwelt; gegebenenfalls unter dem Einfluß eines Lehrers nach einem Ziel- oder Erfolgskriterium. Das L. kann als ein Spezialfall von Adaption aufgefaßt werden. Adaption heißt Anpassung eines Systems an eine Umwelt, um Eigenschaften oder Zustände des Systems in dieser Umwelt zu optimieren. L. bzw. Lernfähigkeit ist eine wesentliche Voraussetzung zur Schaffung von Robotern mit künstlicher Intelligenz.

Lernmatrix: Anordnung aus 2 Scharen sich kreuzender Drähte, die so präpariert sind, daß sich an jedem Kreuzungspunkt bedingte Verknüpfungen bilden können. Das Prinzip der L. wurde zuerst von K. Steinbuch als Realisierung eines technischen Systems für die Ausführung der logischen Operation eines bedingten Reflexes angegeben. Eine der ersten Anwendungen war die Modellierung eines ↗ Perzeptors zur Zeichenerkennung.

Lernprogrammierung: 1. ↗ Teach-in-Programmierung, direkte. – 2. ↗ Teach-in-Programmierung, indirekte.

Leschot, Jean-Frédéric: Mechaniker aus La Chaux-de-Fonds (1746 bis 1824), der bei *Jaquet-Droz* beschäftigt und maßgeblich an der Herstellung von Androiden beteiligt war.

Lichtbogenschweißroboter: IR, der das Fügeverfahren Lichtbogenschweißen ausführt. Der L. soll mindestens 5 Bewegungsachsen, besser aber 6 oder 7 aufweisen. Einige davon können in die Peripherie verlagert sein (↗ Kippdrehtisch). Die Wiederholgenauigkeit soll im Bereich $\pm 0,2$ bis $0,3$ mm liegen, um ein gutes Schweißresultat zu erreichen. Für die Tragfähigkeit des Greifers werden nur etwa 4 bis 6 kg benötigt. Die Steuerungen sind Bahn- bzw. Vielpunktsteuerungen. Im allgemeinen sind etwa 1000 Programmschritte erforderlich. Neben der Verfolgung einer Bahn mit einem definierten Punkt des Werkzeugs ist dessen Orientierung nach einer durch das Werkzeug gelegten Gerade zur Bahnkurve zu steuern. Stromaufnahme und Lichtbogen Spannung müssen automatisch überwacht werden. Die Schweißgüte nimmt beim Schweißen mit L. gewöhnlich zu, weil die Nähte gleichmäßiger als beim Schweißen von Hand gezogen werden, wenn der L. über eine ausreichend hohe Synchronfahr genauigkeit verfügt. Da die Toleranzen



Lichtbogenschweißroboter: Arbeitsplatz zum Lichtbogenschweißen mit Industrieroboter

der zu verschweißenden Teile häufig sehr groß sind, gewinnen → Positioniersensoren für die Schweißnahtverfolgung an Bedeutung. Abb.

Lichtleiter → Faseroptik. •

Lichtschnittverfahren: Verfahren zur Beleuchtung von Szenen mit optisch zu erkennenden Objekten, wobei unter einem bestimmten Winkel ein Lichtband (strukturiertes Licht) auf das zu erkennende Objekt projiziert und das reflektierte bzw. remittierte Licht unter einem anderen Winkel beobachtet wird. Das L. ergibt einen guten Kontrast, kann eine dreidimensionale Abbildung liefern, erfordert jedoch eine komplizierte Informationsverarbeitung. Vgl. Auflichtverfahren, Durchlichtverfahren. Abb. S. 198.

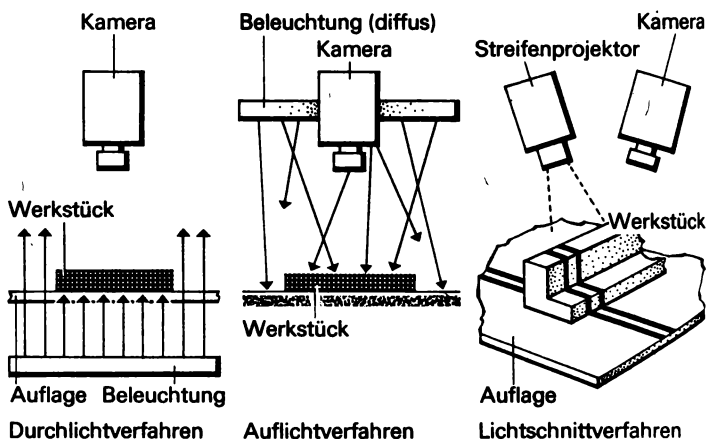
Lichtvorhang: indirekt berührungslos wirkende Schutzeinrichtung an IR-Arbeitsplätzen, bei der der Gefahrenbereich durch mehrfach reflektierte Lichtstrahlen (*Lichtschranke*) gesichert wird.

Liefergrad: Kenngröße zur Charakterisierung des Leistungsverhaltens eines Bunkers mit eingebauter Einrichtung zum Fördern und Ordnen. Er ist der Quotient aus tatsächlicher und theoretisch möglicher Fördermenge. Der L. ist von vielen Faktoren abhängig und nicht konstant. Mit fortschreitender Entleerung des Bunkers kann er z. B. von 0,9 auf 0,6 absinken.

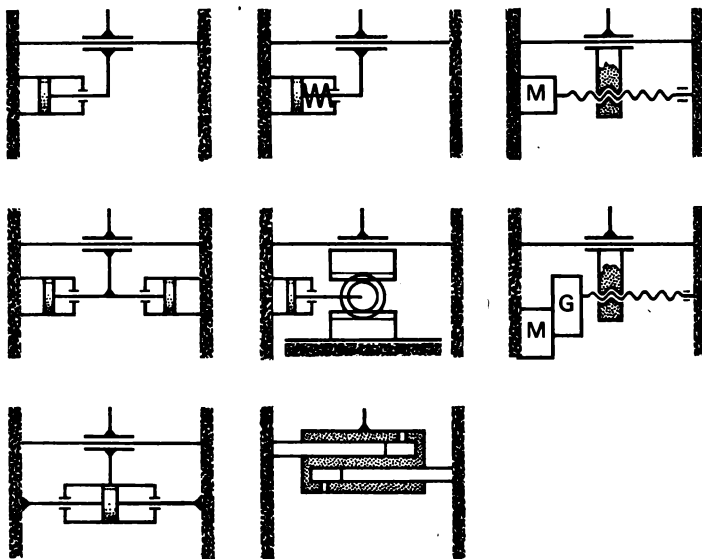
Linearantrieb: pneumatischer, hydraulischer oder elektrischer Antrieb zum geradlinigen Bewegen von Elementen der → Lineareinheit eines IR.

Die Auswahl erfolgt nach folgenden Bedingungen: einfache, funktionstüchtige Bauweise, geringe Masse, unkomplizierte Übertragung von Kraft und

Bewegung, Erreichen der geforderten $\nearrow$ Verfahrensgeschwindigkeit und Hublänge, zum Roboter passendes Energiesystem. Abb.



Lichtschnittverfahren: Beleuchtungsarten bei optischen Erkennungseinrichtungen



Linearantrieb: Antriebsarten bei Lineareinheiten

Lineareinheit: Einrichtung zur Erzeugung translatorischer Bewegungen. Sie kann Teil des Führungsgetriebes eines IR sein und übernimmt Tragfunktionen für andere Roboterbaueinheiten. Der Antrieb kann elektrisch, pneumatisch oder hydraulisch sein (↗ Lineareinheit, hydraulische). Tab.

Lineareinheit, elektrische: Baueinheit, bei der über einen elektrischen Linearantrieb eine translatorische Bewegung erzeugt wird. Als Antriebe werden Schrittmotore, Gleichstromstellmotore und Scheibenläufermotore verwendet.

Beispiel für die Größenstufung von Lineareinheiten für Schweißroboter (ZIS Halle, DDR)

Bezeichnung	Stellweg in mm	Einbaulage	Eigenmasse in kg	Stellgeschwindigkeit in m/min
T 100	115	beliebig	6,5	2,4
T 250	250	beliebig	9,0	2,4
T 400	400	vertikal	30	0,1...3,5
		horizontal	30	0,2...7,0
T 1000	1000	horizontal	80	0,2...7,0
T 2800	2800	horizontal	450	0,2...7,0
T 6300	6300	horizontal	800	0,2...7,0

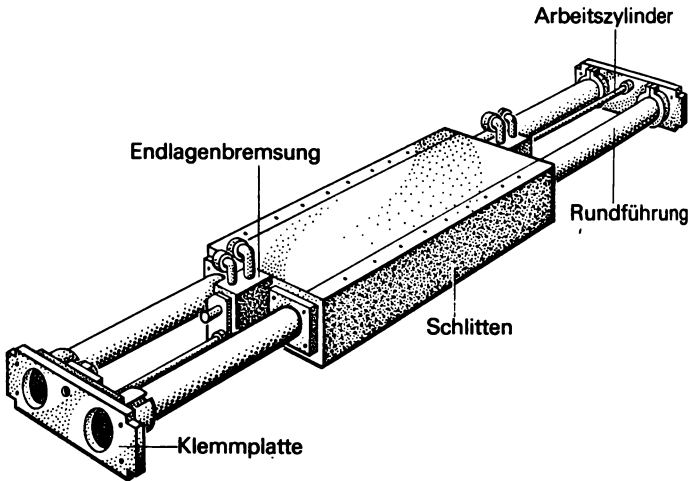
Lineareinheit, hydraulische: horizontal, vertikal oder unter einem bestimmten festen oder veränderlichen Winkel angeordnete Baueinheit, die über einen hydraulischen Antrieb verfügt und translatorische Bewegungen erzeugt. Ein stoßfreies Abbremsen des Schlittens erfolgt über Endlagenbremsen. Werden ↗ Wegmeßsysteme angekoppelt, so lassen sich beliebige Positionen anfahren. Bei h. L.en für senkrechte Verwendung werden meist zusätzliche Klemmelemente vorgesehen, um im Havariefall, z. B. Ausfall der Hydraulik, den Schlitten in der jeweiligen Lage festhalten zu können. Vgl. Baukastenbauweise. Abb. S. 200.

Linearinductosyn ↗ Inductosyn.

Linearinterpolation: Interpolationsart, bei der die errechneten Punkte auf einer Geraden liegen, die durch den unmittelbar vorangehenden und den unmittelbar nachfolgenden, programmierten Punkt einer Bewegungsbahn im Raum verläuft.

Linearkamera, Linienkamera, Zeilenkamera: Bildaufnahmeeinrichtung zur Abbildung von Elementen einer Szene, die innerhalb eines über die Szene gelegten Schnitts liegen. Als Sensorelemente dienen vorzugsweise integrierte Zeilenbildsensoren auf Fotodioden- oder auf CCD-Basis mit 32 bis 2048 Wandler-elementen (↗ Pixel). Für das Gewinnen zweidimensionaler Abbildungen muß eine Relativbewegung zwischen L. und Szene erfolgen, falls nicht zur Kamera gehörende optisch-mechanische Bildausgleichselemente, z. B. Dreh-, Schwenk- und Polygonspiegel, die Führung des Schnitts über die Szene übernehmen.

Linearmotor, Drehstrommotor: Elektromotor, der eine translatorische Bewe-



Hydraulische Lineareinheit

gung direkt erzeugt. Er besteht aus feststehendem Primärteil mit den in Wellenform ausgebildeten Erregerwicklungen sowie beweglichem Sekundärteil.

Beim Anlegen einer Spannung an das Primärteil entsteht ein magnetisches Wanderfeld, das dem Drehfeld beim Drehstrommotor entspricht. Dieses erzeugt durch elektromagnetische Induktion eine mechanische Kraft und damit die Bewegung des Sekundärteils. Bei Verfahrensgeschwindigkeiten von 0,5 bis 0,7 m/min ergeben sich Positionierfehler im Bereich von 0,5 bis 1 mm.

Linearpotentiometer: Potentiometer, das nicht als Dreh- sondern als linearer Schiebewiderstand ausgebildet und damit als ↗ Wegmeßsystem für ↗ Lineareinheiten gut geeignet ist.

Linearspritzroboter: säulenförmiger IR mit 1 bis 2 Bewegungsachsen zur Automatisierung des Lackier- und Pulverbeschichtungsprozesses in Durchlaufanlagen. Meist wird eine senkrechte Linearachse, die auch die Spritzpistole trägt, vorgesehen. Eine Kombination mit einer Verfahreinheit ist möglich. Die Geschwindigkeit ist von 0,1 bis 1,2 m/s regelbar. Reglercharakteristik, Hubmasse und Sollwerte von Drehzahl und Ankerstrom bestimmen den Geschwindigkeitsverlauf und sichern damit das technologisch erforderliche Spritzbild. Der Hubweg ist programmierbar und kann über inkrementale Geber überwacht werden.

Linienkamera ↗ Linearkamera.

LIPS [Abk. für *Logische Inferenzen pro Sekunde*]: Begriff aus der Verarbeitung von Ausdrücken einer Programmiersprache in Künstlichen-Intelligenz-Systemen. Inferenzen sind logische Schlußfolgerungen aus einem abgespeicherten Wissensbestand. Eine LIPS entspricht etwa 100 bis 300 Operationen je Sekunde.

LISP [engl., Abk. für *list processing language*]: 1957 von *J. McCarthy* am Massachusetts Institute of Technology (USA) geschaffene Programmiersprache. Sie dient, wie auch die Sprache $\nearrow$ PROLOG, vorwiegend zur Erforschung und Entwicklung der künstlichen Intelligenz. LISP ermöglicht die symbolische Darstellung beliebiger Objekte und ihre Beziehungen untereinander, wobei sich die Objekte aus Listen ihrer Merkmale zusammensetzen. Einen Unterschied zwischen Daten und Programmen gibt es nicht. Die Formel $a(b + c/d)$ lautet als LISP-Liste $\{ * a [+ b (/ cd)] \}$. Die Verarbeitung der Listen nähert sich der Funktionsweise des assoziativen menschlichen Gedächtnisses. Dies erlaubt die Erforschung und Simulation verschiedener kognitiver Fähigkeiten des Menschen.

LM [franz., Abk. für *Language Manipulateur*]: Programmiersprache für Roboter. LM wurde von der Universität Grenoble (Frankreich) entwickelt.

Lochgreifer: Innengreifer, bei dem sich ein elastischer Hohlkörper nach dem Einschieben in eine Bohrung unter Druckbeaufschlagung weitet. Das HHO wird kraftpaarig gehalten. Bei Verwendung von Elastomerelementen und Aufblasen mit Druckluft können die Greifkräfte bis 300 N betragen.

Lochstreifen $\nearrow$ Achtspur-Lochstreifen.

Lochstreifenleser: Dateneingabegerät, das die in einem Lochstreifen ($\nearrow$ Achtspur-Lochstreifen) enthaltenen Daten in Impulse umsetzt. Das „Lesen“ kann elektromechanisch durch Abtasten des Streifens mit Kontakten bzw. Bürsten oder durch fotoelektrische oder kapazitive Abtastung erfolgen. Schnelle L. erreichen Geschwindigkeiten von 50 bis 1000 Zeichen je Sekunde.

Lochstreifenstanzer: Datenausgabegerät für geringe Datenmengen, das Informationen in Lochstreifen ($\nearrow$ Achtspur-Lochstreifen) locht. L. können an die Tastatur einer Schreibmaschine angeschlossen werden.

Locomotive Handling Robot [engl.]: vom Elektrotechnischen Laboratorium der Forschungsstadt Tsukuba (Japan) entwickelter, intelligenter sensorgestützter Roboter mit Programmadaptation. Durch Räder im Fuß bewegt sich der Roboter auf seinem Weg und dreht sich. Das Auge der Fernsehkamera sieht Gegenstände auf dem Fußboden. Die Hand kann diese Körper greifen. Der Roboter ist mit einem Rechner gekoppelt und führt eine eigene Bahnplanung durch.

Logikglied, Logikelement: aus Schaltelementen bestehende Bauglieder, die durch Verknüpfung von Eingangssignalen zu einem eindeutig zugeordneten Ausgangssignal bestimmte logische Grundfunktionen erfüllen.

Logikteil, Logik: derjenige schaltungstechnische Teil einer IR-Steuerung, in dem die Informationsverarbeitung stattfindet, z. B. der $\nearrow$ Mikrorechner.

lokales Netzwerk, Abk. LAN: Netz für die bitserielle Übertragung von Information zwischen untereinander verbundenen unabhängigen Geräten, wie Rechner, speicherprogrammierbare Steuerungen, CNC-Steuerungen und intelligente Peripheriegeräte. Es unterscheidet sich von herkömmlichen Bussystemen dadurch, daß nicht Komponenten, sondern autonome Systeme miteinander verbunden werden.

Die räumliche Anordnung der Leitungen kann stern-, bus-, ringförmig und vermascht sein.

Lokomobilität [lat.]: aktive Ortsbeweglichkeit eines Roboters.

Lokomotion [lat.]: aktive, mit einer Ortsveränderung verbundene Bewegung eines Individuums. Im übertragenen Sinne wird dieser Begriff auch in der Robotertechnik verwendet.

L. durch sukzessives kraftpaariges Aufsetzen von Körperteilen auf den Untergrund und das Abheben kann durch amöboide Bewegung, durch Kriechen oder Schlängeln und durch Extremitätenbewegung, vor allem mit gegliederten einzeln bemuskelten Extremitäten, erfolgen.

Lokomotoren [lat.]: Fortbewegungselemente, die kontinuierliche Bodenberührung haben, z. B. Räder, Ketten oder auch Elemente, die ähnlich Beinen in bestimmtem Wechsel fortschreitend die Abstützung eines Roboters übernehmen. Vgl. Pedipulator.

Low-Cost-Sensor [engl.]: Billigsensor für Kräfte und Drücke, der aus einem metallischen Federkörper besteht, auf den ein Halbleiterdünnschicht aufgebracht wurde. Dieser gibt bei Belastung durch Druck oder Kraft ein elektrisches Signal ab. Zur Verstärkung des Signals, zum Abgleich der Empfindlichkeit, zur Temperaturkompensation u. a. ist eine entsprechende Auswerteschaltung erforderlich.

LSI [engl., Abk. für *large scale integration*]: Bezeichnung für einen hoch integrierten Schaltkreis, der bis 10^4 Funktionseinheiten oder 10^3 Gatterfunktionen je Chip aufweist.

LTS: Abk. für *leitliniengeführtes Transportsystem*. ↗ Flurförderzeug, fahrerloses.

Luftschranke: pneumatischer Sensor für Kontroll- und Überwachungsaufgaben, der nach dem Gegenstrahlprinzip arbeitet. Die beiden gegeneinander gerichteten Blasdüsen, zwischen denen sich ein festzustellendes Objekt befinden kann, werden getrennt mit Druckluft gespeist. Bei Annäherung eines Objekts ändern sich die Druckverhältnisse. Diese Druckdifferenz wird als Signal digital weiterverarbeitet.

Luftstrahlbunker: trichterförmiger Werkstückspeicher für Kleinteile. Das Speichergut wird periodisch durch gerichtete Luftpumpen aufgewirbelt und gelangt durch Schwerkraftwirkung geordnet in ein Fallmagazin, das am L. angeschlossen ist.

Luftstromsauger, *Luftstromgreifer*: Unterdruckgreifer, bei dem ein HHO durch einen ständig saugenden Luftstrom gehalten wird. Die Saugöffnungen werden dabei nicht durch das Objekt verschlossen. L. eignen sich für oberflächenschonendes Halten sehr leichter Teile. Sie haben einen hohen Druckluftverbrauch, weshalb mitunter zusätzliche mechanische Greiforgane zum Halten des Objekts angebracht werden. Der Luftstrom kann durch *Venturidüsen*, *Vakuumpumpen* und durch *Druckluft* erzeugt werden.

LUNA 16: automatische Station der UdSSR (1970) zur Mondforschung, die mit einem Manipulatorarm zur Aufnahme von Bodenproben ausgestattet war. Die amerikanische Station Surveyor 3 (1967) war mit einem elektromotorisch betriebenen Scherenarm ausgerüstet, der 1,67 m Reichweite besaß. Der Schaufelgreifer der amerikanischen Station Viking 1 (1976) hatte eine Reichweite von 2,9 m.

M

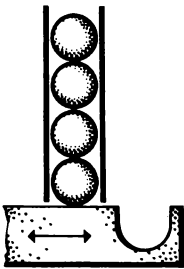
Magazin: Werkstückspeicher zum Aufbewahren geordneter HHO. Die Objekte können sich dabei gegenseitig berühren, z. B. beim Schacht-, Gleitbahn-M., ↗ Rollbahn-Magazin, oder ohne gegenseitige Berührung einzelne Speicherplätze einnehmen, z. B. beim Scheiben-M., der Klinkenrollbahn und der Flachpalette. Abb.

Magazinieren: Handhabeoperation, die das zeitweilige Aufbewahren von geordneten HHO in entsprechenden Einrichtungen bezeichnet.

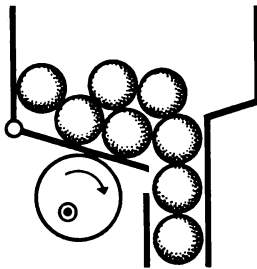
Magazinladesystem: System, das aus einer programmierbaren Handhabe-einrichtung, Fördereinrichtungen für das Ein-, Ausschleusen und Positionieren von Magazinen, einer Kode-Leseeinrichtung und der Steuerung besteht. Es hat die Aufgabe, Magazine, z. B. *Kassettenmagazine*, *Flachpaletten*, nach vorgegebenen Belegungsmustern mit Werkstücken zu belegen. Das M. stellt damit eine solche Werkstückordnung her, wie sie an den Arbeitsstellen des Fertigungsprozesses benötigt wird.

Magazinplatz: Ort innerhalb einer technologischen Einheit oder Fertigungszelle, an dem ein ortsveränderlicher Werkstückspeicher in definierter Position zum IR und zur Bearbeitungsstelle für Beschickungsvorgänge bereitsteht.

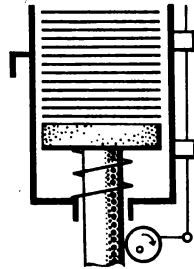
Magnetband: Informationsträger, bestehend aus einem mit ferromagneti-



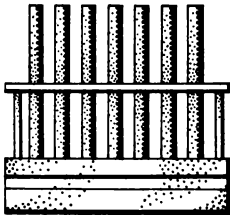
Schachtmagazin



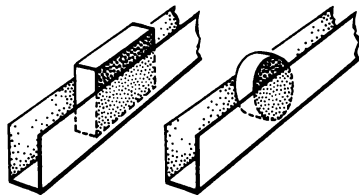
Stapelmagazin



Kassettenmagazin



Plattenmagazin



Roll- und Gleitbahnmagazin

Magazin: Beispiele für Werkstückmagazine

schen Partikeln beschichtetem Band, das an einer Lese-Schreib-Einrichtung vorbeibewegt wird, um durch Magnetisierung Informationen aufzuzeichnen. Beim Aufnehmen von Roboterprogrammen werden zusätzliche Kontrollinformationen auf das M. gebracht, die dem Steuersystem gestatten, die Richtigkeit der Einlesung zu prüfen.

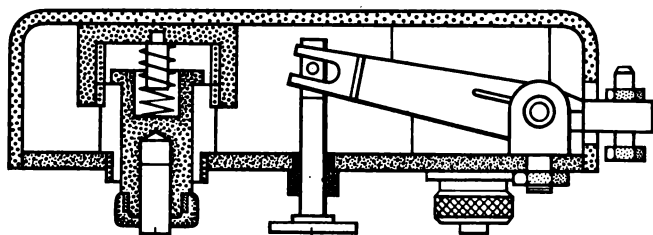
Magnetbandspeicher: magnetomotorischer Informationsspeicher. Beim M. werden Informationen auf Plaste- bzw. Metallbändern, die mit einer magnetisierbaren Schicht überzogen sind, gespeichert. Vgl. Kassettenmagnetbandgerät.

Magnetblasenspeicher: Schreib-Lese-Speicher zur Informationsspeicherung. Beim M. können Bereiche von 1 bis $5\text{ }\mu\text{m}$ Durchmesser in einer dünnen ferromagnetischen Schicht magnetisch, aber auch elektrisch oder magnetooptisch verändert werden. Die Speicherdichte beträgt bis zu 10^6 bit/cm^3 und die Zugriffszeiten 10^{-5} bis 10^{-3} s . Der M. ist um den Faktor 5 bis 10 teurer als Halbleiterspeicher.

Magnetfolienspeicher: 1. ↗ Diskette. – 2. ↗ Folienspeicher.

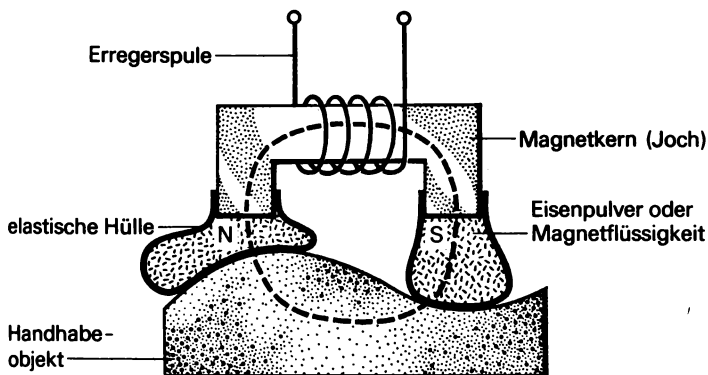
Magnetgreifer: kraftpaarig wirkender Greifer, der ein weichmagnetisches HHO durch Magnetkraft aufnimmt und hält. M. sind einfach im Aufbau und unkompliziert in der Energiezuleitung. Es können Permanentmagnete kombiniert mit Abdruckvorrichtungen verwendet werden, aber auch Elektromagnete oder Permanentmagnete mit überlagerter Erregerwicklung. Wird die Erregerwicklung eingeschaltet, so ist die Haltekraft Null; wird sie ausgeschaltet, so wirkt allein der Permanentmagnet. Zu beachten ist, daß im Greifobjekt ein Restmagnetismus verbleiben kann, der durch eine spezielle Abmagnetisierung beseitigt wird. Ein weiterer Nachteil der Elektromagnete ist das Verschwinden der Greifkraft bei Energieausfall. Bohrungen und Durchbrüche am Objekt beeinträchtigen die Haltekraft nicht wesentlich, wenn sie nicht den überwiegenden Anteil der Fläche ausmachen. Späne, Zunder und Rost führen zu haltekraftmindernden Luftspalten. Die Elektromagnethaltekraft F_G ergibt sich zu $F_G = A \cdot B^2 / 2 \cdot \mu_0$, wobei A die Polfläche, B die magnetische Induktion und μ_0 die Permeabilität ist. Abb.

Magnetpulvergreifer: in Japan entwickelter Greifer mit formanpassungsfähigen Elementen. Die Greiferbacken sind mit Eisenpulver gefüllte Kissen. Sie nehmen beim Anpressen an die Werkstückoberfläche deren Form an



Permanentmagnet Abdruckplatte

Konstruktion eines Magnetgreifers



Wirkungsweise des Magnetpulvergreifers

und werden durch Magnetkräfte fixiert. Anstelle von Eisenpulver sind auch magnetische Flüssigkeiten verwendbar. Als Material für die Pulverkissen wird Leder, Kunstleder oder Stahlfasergewebe verwendet. Abb.

Magnetrotorbunker → Rotorbunker.

Magnetspreiztechnik: seitliches Anbringen von *Spreizmagneten* an einem Eisenblechstapel. Die Magnete bewirken durch ihren magnetischen Fluß eine gegenseitige Abstoßung und damit Trennung der Bleche (Aufspreizen, Aufschwimmen), so daß das jeweils obenliegende vereinzelt Blech z. B. durch eine Einlegeeinrichtung leicht abgenommen werden kann.

Magnitochod [russ.]: mit magnetischen Rädern oder einer Kombination von Kette und Magnet ausgestattete Vorrichtung zur Fernkontrolle von Rohrrinnenwänden. Der M. wird über Kabel vom Pult aus ferngesteuert und trägt eine Kameraausrüstung oder Defektoskopiegeräte.

Maillardet: Jean-David (1748 bis 1830), Jacques-Rodolphe (1743 bis 1828) und Jean-Henri-Nicolas (1745 bis ?); Uhrmacher und automatenbauende Brüder aus La Chaux-de-Fonds. Henri M. arbeitete seit 1771 in der Firma Jaquet-Droz & Maillardet und wurde 1783 Direktor der Londoner Filiale. Er sammelte Automaten und stellte selbst Uhrenautomaten her. Julien-Auguste M. (1779 bis 1852), Sohn von Jean-David M., bereiste mit von ihm und seinem Vater gefertigten Automaten, darunter auch Androiden, ganz Europa.

Makro, Makroprogramm: Programm, das bei der Übersetzung eines übergeordneten bzw. Hauptprogramms in den Maschinenkode anstelle des Namens dieses Programms (Makroprogramms) eingebunden wird. Im Gegensatz zum Unterprogramm ist die Verwendung von M. speicherplatzextensiv und laufzeitintensiv, d. h. es entsteht ein größerer Speicherplatzbedarf, aber es wird Programmabarbeitungszeit gegenüber der Unterprogrammtechnik eingespart, was für Verarbeitung im → Echtzeitbetrieb von Vorteil sein kann. Daneben werden mit M. unter Umständen ein höherer Programmierkomfort bei textueller → Programmierung und eine höhere Flexibilität be-

züglich der Anwendung erreicht. Die Übersetzung erfordert spezielle, die Besonderheiten der Makrotechnik berücksichtigende ↗ Assembler bzw. ↗ Compiler.

Makroprogramm ↗ Makro.

MAL [engl., Abk. für *multipurpose assembly language*]: eine von der Universität Mailand (Italien) 1977 entwickelte BASIC-ähnliche Programmiersprache.

Man amplifizier [engl.]: technisches System zur Erhöhung der mechanischen Leistung eines Menschen in der Art eines aktiven ↗ Außenskeletts.

Manipulation [lat.]: allgemein die Handhabung von Objekten mit Hilfe der Hände oder diesen in der Funktion nachgebildeten Einrichtungen.

Manipulationsobjekt ↗ Handhabeobjekt.

Manipulator [lat. manus, Hand, Arm]: 1. Arbeitsmaschine, mit der massenbehaftete Objekte auf räumlichen Bahnen verlagert werden können und die den menschlichen Arm zum Vorbild hat. – 2. Teil einer Maschine, der den menschlichen Arm mit Hand nachbildet. Ein schreitfähiger Roboter besteht aus dem M. und dem ↗ Pedipulator. In der industriellen Arbeit ist vor allem die Nachbildung der Tätigkeiten der Hand von Bedeutung. Bei Steuerung unmittelbar durch einen Menschen handelt es sich um einen Synchron-M. Können die Bewegungen vorprogrammiert werden, so ist der M. ein programmgesteuerter M. Ein um mehrere Achsen frei programmierbarer M. heißt Industrieroboter. Tab.

Gliederung der Manipulatoren

nicht programmierbare Manipulatoren	programmierbare Manipulatoren
<i>vom Mensch direkt gesteuert</i>	<i>fest programmiert</i>
Master-Slave-Manipulator	Einlegeeinrichtung
Lastarmmanipulator	Beschickungseinrichtung
<i>vom Mensch ferngesteuert</i>	<i>flexibel programmierbar</i>
Teleoperator (Kosmos, Tiefsee)	Handhabroboter
	Verfahrensroboter

Manipulator, arthropoider: Manipulator, dessen Drehgelenkanordnung den gegliederten und durch dünne Gelenkhäute beweglich verbundenen Beinen der Arthropoden (*Gliederfüßer*) nachgebildet wurde. Zu den Gliederfüßern zählen Dreilappenkrebse, Schwertschwänze, Spinnentiere, Asselspinnen, Krebse, Tausendfüßer und Insekten.

Manipulator, anthropomorpher: den oberen Extremitäten des Menschen ähnlicher Mechanismus, der ausschließlich durch Glieder, die durch Drehgelenke miteinander verbunden sind, realisiert wurde und dessen ↗ Getriebefreiheitsgrad mindestens 6 erreicht.

Manipulatorarmsimulator ↗ Phantomroboter.

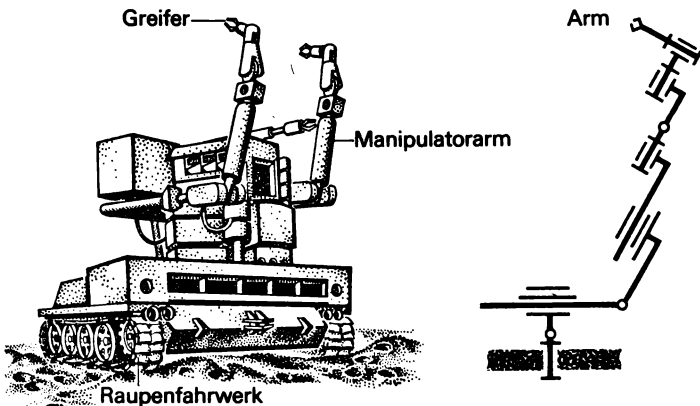
Manipulatorfahrzeug, Abk. **Mobot**: Maschine, bei der ein oder mehrere Ma-

nipulatoren auf einem Rad- oder Raupenkettenträger montiert wurden. Es ist für Einsätze unter starker Kernstrahlung, in der Tiefsee- und Raumfahrttechnik, aber neuerdings auch in der Fertigungstechnik, vorgesehen. Bei der Entwicklung von M.en werden 2 verschiedene Wege beschritten. Der eine besteht darin, dem Menschen die Möglichkeit zu geben, so nahe wie nur irgend möglich an das Objekt heranzukommen. Bei dem anderen Verfahren wird der Anwesenheitseffekt des Menschen durch den Einsatz von Fernsehsystemen erreicht. Das im Jahr 1961 in den USA entwickelte *M. Beetle* (Käfer) hat eine Masse von 85 t und trägt eine mit 30 cm dicken Bleiplatten geschützte Kabine für 3 Personen (Abb. a). Die Kabine kann auf 4 m gehoben und um 360° gedreht werden. Sicht besteht über ein Periskop und 3 Fernsichtanlagen. Die Manipulatorarme können über Drucktaster gesteuert und auf 5 m ausgefahren werden. In dieser Stellung tragen sie je 50 kg. Ein ferngesteuertes M. mit einer 1,7 m hohen Mittelsäule für den Manipulatorarm, mit angebauten Beleuchtungseinrichtungen sowie Fernsichtkameras, kombiniert mit einem leichten Raupenfahrwerk, zeigt Abb. b. Energie, Video- und Steuersignale laufen über ein nachgeschlepptes Kabel. Vgl. MASCOT, TAIR. 2 Abb.

Manipulator mit rekuperativer Energie: Manipulator, der einen Teil seiner Bewegungsenergie aus Energiespeichern bezieht, z. B. Federn, die jeweils in der Bremsphase der Armbewegung aufgeladen werden.

Manipulator-Pedipulator-System: System von bionischen, teilweise anthropomorphen Mechanismen zur Ausübung ausgewählter Funktionen der oberen und unteren Extremitäten bei gelähmten Patienten.

Mannequin, mechanisches: den menschlichen Abmaßen nachgebildete Kleiderpuppe zum automatischen Vorführen von Kleidungsstücken. Auf der Schweizer Nationalausstellung in Zürich wurden 1939 Kleider programmgesteuert vorgeführt. Das m. M. fuhr auf einem verdeckten Schienensystem und führte dabei alle zur Demonstration der Kleider erforderli-



Manipulatorfahrzeug: Raupenfahrwerk mit Manipulatorarmen

chen Bewegungen aus. In geschichtlichen Darstellungen wurde das m. M. aber schon viel früher erwähnt.

Manövriergrad: Anzahl der Möglichkeiten eines Manipulators, zur Veränderung seiner Bewegung unter der Bedingung eines in beliebiger Position als gestellfest betrachteten Greifers.

Maschinenfließreihe, Abk. MFR: räumliche Zusammenfassung von Maschinen, die meist hintereinander angeordnet und durch kurze Transportwege miteinander verbunden sind. Die Art der Zusammenschaltung hängt u. a. von der Bearbeitungsfolge für ein Werkstück bzw. für eine Anzahl technologisch und konstruktiv ähnlicher Werkstücke ab. Vgl. automatische Maschinenfließreihe.

Maschinenfließreihe, automatische ↗ automatische Maschinenfließreihe.

Maschinenkode, Maschinenprogramm: Elementardarstellung eines Programms in Form von Bitkombinationen und -folgen (↗ Binärkode), das von einer digital arbeitenden Verarbeitungseinheit, z. B. einem Mikroprozessor, unmittelbar verarbeitet werden kann. M. haben die speziellen technischen Besonderheiten der betreffenden Verarbeitungseinheit zur Grundlage. Sie werden fast ausschließlich durch Übersetzung von ↗ Quellprogrammen gewonnen (↗ Objektprogramm), da eine Programmierung in M. fast immer zu aufwendig, unübersichtlich und fehleranfällig ist.

Maschinenmensch ↗ künstlicher Mensch.

Maschinenpalette ↗ Systempalette.

Maschinenprogramm: 1. ↗ Maschinenkode. – 2. ↗ PC-Programm.

Maschinensprache: Programmiersprache für Rechner, die der Verarbeitung unmittelbar, d. h. ohne Übersetzung, zugänglich ist, z. B. ein ↗ Binärkode. M. sind abhängig vom Maschinentyp, auf dem das Programm verarbeitet werden soll.

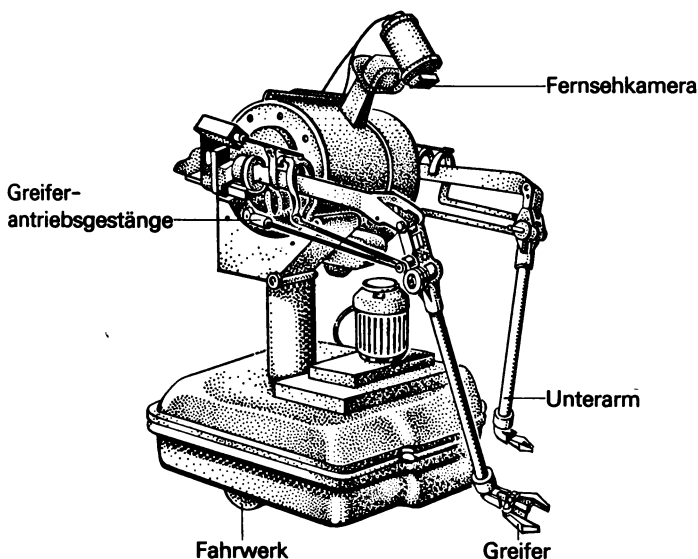
Maschinensteuerung, programmierbare, Abk. PMC: Bestandteil einer IR-Steuerung, die der Anpassung von Ein- und Ausgabeinformationen (Signalen) an die Bedingungen des speziellen IR und vor allem an die des speziellen IR-Einsatzfalles (technologischer Prozeß) dient. Die p. M. besteht i. allg. aus einem Mikrorechner mit Ein- und Ausgabebaugruppen (↗ Modul). Die Arbeitsweise entspricht der einer programmierbaren ↗ Steuerung.

Logische und arithmetische Funktionen, Zeitglieder, Informationsrangierung, Variablenzuordnung u. a. werden durch ein Programm (*Maschinen-, PMC-, PC-Programm*) beschrieben, das für den Einsatzfall einmal erstellt wird. Als Grundlage für eine entsprechende Programmiersprache eignet sich z. B. die Boolesche Algebra. Vgl. Anpaßsteuerung.

Maschinensystem: Zusammenschluß von mindestens 2 Maschinen, weiteren Fertigungs- und Zusatzeinrichtungen, bei denen der gesamte Fertigungsablauf, der aus mehreren Fertigungsoperationen und dem Werkstückfluß besteht, durch informations- und steuerungstechnische Kopplung realisiert wird. Durch Ausbau und Ergänzung, z. B. um ein Überwachungssystem, entsteht ein flexibles Fertigungssystem.

Maschinenverkettung ↗ Verkettung.

MASCOT [ital., Abk. für *Manipulatore Servo Controllato Transistorizzato*]:



Synchrontelemanipulator MASCOT

italienischer Synchrontelemanipulator für das Hantieren mit radioaktiven Proben. MASCOT wurde 1959 im Labor für Servomechanismen des nationalen Komitees für Kernenergie CNEN in Italien entwickelt. Er wird als stationäre und mobile Variante verwendet. Ein Greifer verfügt über den Freiheitsgrad 7. MASCOT wird durch einen Operateur gesteuert, der die Szene am Bildschirm beobachtet. Abb.

Maskenvergleich: Methode der analogen Bildaufnahme- und Bildverarbeitungstechnik, bei der z. B. durch Feststellen einer Helligkeitsverteilung auf die Anwesenheit einer Maske entsprechenden Objekts geschlossen wird. Neben dem einfachen M. gibt es noch die Möglichkeit einer zusätzlichen Korrelation mit Komplementärmasken. Bei negativen Objekten (unbeleuchtetes Werkstück auf beleuchtetem Umfeld) wird die gemessene Intensität bei Korrelation mit der negativen Maske ein Maximum. Dadurch können eindeutige Aussagen bei nur geringem geometrischen Abstand der einzelnen Lageklassen getroffen werden. Das erste Erkennungsgerät mit vollparallelem inkohärent-optischem M. wurde bereits 1929 von G. Tauschek entwickelt.

Massenspeicher: Bezeichnung für einen Schreib-Lese-Speicher großer Speicherkapazität und möglichst geringer Zugriffszeit. M. werden insbesondere in IR-Steuerungen eingesetzt, deren Roboter im direkten Teach-in programmiert werden; es eignen sich ↗ Diskette, ↗ Magnetband, ↗ Halbleiterspeicher oder ↗ Magnetblasenspeicher.

Bei einer Positionsabfragefrequenz von 80 je Sekunde und einem fünfach-

sigen IR mit einer Weginformationsdarstellung als beispielsweise 20-Bit-Wort je Achse beträgt das erforderliche Speichervermögen $480 \cdot 10^3$ Bit/min Programmlaufzeit. Es wird in modernen Steuerungen eine zulässige Programmlaufzeit bis zu 8 Stunden angestrebt.

Massenträgheitsmoment: Summe aller Produkte aus den Masseteilchen eines Körpers und dem Quadrat ihrer Abstände von der Bezugsachse.

Das M. spielt z. B. bei der Auslegung der Antriebe eines IR eine große Rolle. Um das an einem Motor auftretende Trägheitskraftmoment bestimmen zu können, sind die jeweils bewegten Massen des IR auf die Motorwellen zu reduzieren. Das auf die Antriebswelle reduzierte M. des IR verändert sich außerdem, weil die Trägheitskraft von der Position des Greifers im Arbeitsraum abhängt. Man erhält aus dem M. I_k des mit der Winkelgeschwindigkeit ω_{k1} rotierenden Manipulatorgliedes k das reduzierte M.

$$I_{Mk1}^* = I_k (\omega_{k1} / \omega_{M1})^2.$$

Es ist auf die mit Winkelgeschwindigkeit ω_{M1} rotierende Motorwelle bezogen. Bei linearer mit der Geschwindigkeit v_{k1} bewegter Masse m_k ist

$$I_{Mk1}^* = m_k (v_{k1} / \omega_{M1})^2.$$

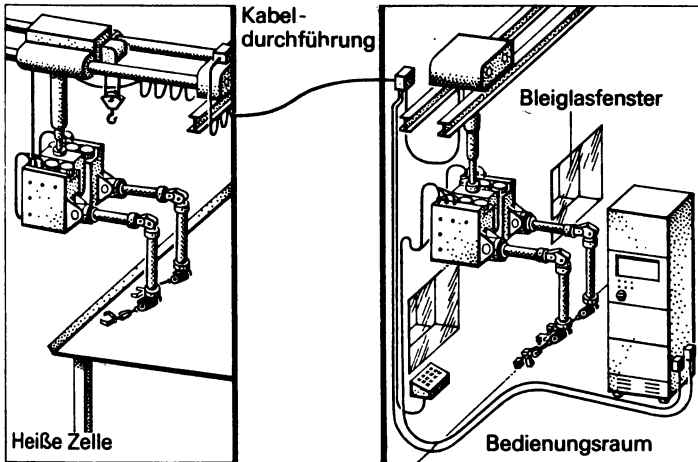
Die Winkelgeschwindigkeiten ω_{k1} und ω_{M1} sowie die Geschwindigkeit v_{k1} sind auf den Motorstator als Bezugssystem 1 bezogen. Diese Berechnungen werden i. allg. mit Rechenprogrammen bewältigt.

Master-Slave-Manipulator, Abk. MSM: System von 2 Manipulatoren, bei dem die vom Bediener (Operateur, Meister) eingeleiteten Bewegungen und ausgeübten Handkräfte von einem entfernt vom Steuermanipulator (Master-, Bedienungsarm) aufgestellten Arbeitsmanipulator (Slave-, Arbeitsarm) direkt und synchron ausgeführt werden. Der M. wird auch als *Parallelmanipulator* bezeichnet, wenn der Antrieb mechanisch ist, oder als *Servoparallelmanipulator*, wenn die Kraftübertragung elektrisch oder elektrohydraulisch erfolgt.

Ein Beispiel für einen Slavearm zeigt die Abb. Er hat den Freiheitsgrad 9. Master- wie auch Slavearm werden i. allg. doppelt ausgebildet. Beide Arme werden beim elektrischen M. (abgekürzt EMSM) mit bilateral wirkenden vermaschten Regelkreisen über Verstärker durch Elektromotoren angetrieben, wobei, von der Stromversorgung abgesehen, lediglich Steuerbefehle von der Bedienungs- zur Arbeitsseite und zurück übertragen werden. Bei allen Bewegungen erfolgt ein Vermitteln eines echten Gefühls auf den Masterarm und damit in die Hand des Operateurs entsprechend den mit dem Slavearm ausgeübten oder auf diesen einwirkende Kräfte oder Drehmomente („Kraftreflexion“). M. sind vor allem für kerntechnische Zwecke bestimmt und zwar für den Einsatz in großen „Heißen Zellen“ sowie auf mittleren und schweren Manipulatorfahrzeugen. Vgl. Krafrückführung, Synchronmanipulator. Abb.

Master-Slave-Programmierung: Programmierart, bei der eine manuell leicht bewegliche Roboternachbildung, ein ↗ Phantomroboter, für das Eingeben eines Bewegungsablaufs vom Programmierer bewegt wird.

Master-Slave-System: System mit einem Funktionsprinzip, bei dem die von einem Meister (*Master*) vorgegebenen angewiesenen Aktionen durch einen



Master-Slave-Manipulator: Anordnung von Master- und Slavearm zum Handhaben radioaktiver Proben

Sklaven (*Slave*) maßstabsgerecht oder vergrößert bzw. verkleinert ausgeführt werden. Das können Steuerfunktionen sein (Verstärker) oder auch Bewegungen (↗ Master-Slave-Manipulator).

Matrixkamera: optischer Sensor mit flächiger Anordnung lichtempfindlicher Elemente. Vgl. Fotodiodenarray.

Matrixsensor: Flächensensor mit matrixförmig angeordneten Wandlerelementen (↗ Rezeptoren), die z. B. bei der Matrixkamera optoelektronische Elemente sind. Es sind auch M.en bekannt, bei denen z. B. Taststifte oder in Plaste eingelagerte Kohlenstoffasern eine Matrix bilden. Vgl. Bildsensor.

MCL [engl., Abk. für *Manufacturing Control Language*]: von *McDonnell Douglas* entwickelte Programmiersprache.

Mechanik: Lehre von der Bewegung der Körper unter dem Einfluß von Kräften. Die *Kinematik* untersucht nur die Bewegungen der Körper, die *Dynamik* auch die bewegenden Kräfte, die *Statik* die an Körpern wirkenden Kräfte im Fall des Gleichgewichts.

Medianfilterung: Verfahren der Bildrestauration, mit dem bestimmte Bildfehler, wie verlorengegangene Bildpunkte oder ganze Bildzeilen, neu berechnet und eingefügt werden. Das Medianfilter bestimmt für jeden Bildpunkt an der Stelle (i, j) die nach der Größe geordnete Folge der Werte dieses Bildpunktes und seiner 8 Nachbarn und setzt den in dieser Folge in der Mitte stehenden Wert an die Stelle (i, j) ein. Die M. kann auch mehrfach nacheinander angewendet werden.

Mehrantriebssystem, Multiantriebssystem: Antriebssystem, das aus mehreren Antriebselementen besteht, die in bestimmter funktionaler Abhängigkeit voneinander gesteuert werden. Die einzelnen Antriebselemente können pa-

rallel oder seriell untereinander gekoppelt sein. Bei *paralleler Kopplung* ist der Stator jedes Antriebselementes mit dem Bezugssystem (Gestell) fest verbunden, bei *serieller Kopplung* nur ein Antriebselement. Alle anderen Antriebselemente werden in aufgereihter Anordnung von den jeweils vorangehenden mit bewegt. Die Erzeugung eines bestimmten Bewegungsablaufs und einer gewünschten Bewegungsform eines Wirkelements stellen hohe Anforderungen an die Bereitstellung bzw. Verarbeitung von Steuerinformationen. Eine neue Form der M. entsteht durch die Entwicklung von mehrdimensional wirkenden Antriebselementen, z. B. Flächenmotor und Kugelmotor.

Mehrrarmroboter: Ständer- oder Portalroboter, der mit mehreren fest zueinander eingestellten oder unabhängig voneinander bewegbaren Einzelarmen versehen ist. So besitzt der IR „Sigma/MTG“ (Olivetti, Italien) 2 bis 4 am Flächenportal laufende Arme mit je 4 Bewegungsachsen und einer Tragfähigkeit von 5 kg. Der Positionierfehler liegt im Bereich von $\pm 0,15$ mm. Dieser M. ist besonders für die Kleinteilmontage geeignet. Vgl. Doppellarmmanipulator.

Mehrbereichsgreifer, Multifunktionsgreifer: Greifer, der durch eine besondere Ausbildung seiner Greiforgane mehrere Greifstellen hat und dadurch in der Lage ist, unterschiedliche Werkstücke ohne Umstellung nacheinander aufzunehmen. Der M. spielt vor allem bei der automatischen Montage mit Montagerobotern eine Rolle.

Mehrebenenrundtaktspeicher $\nearrow$ Rundtaktspeicher.

Mehrfachführung $\nearrow$ Führung.

Mehrfachgreifer: Greifer, der mehr als 2 gleiche oder verschiedenartige Körper gleichzeitig oder nacheinander halten kann, wobei das Halten oder Lösen nur an allen Greifstellen zugleich möglich ist. M. entstehen aus der Zusammenfassung mehrerer Einzelgreifer. Sie lassen sich auch in *Verbund- und Folgegreifer* einteilen.

Mehrfachzuteiler $\nearrow$ Zuteiler.

Mehrfingergreifer: Greifer mit mehr als 2 Fingern, wobei diese gewöhnlich als Gelenkfinger ausgebildet sind. Solche Finger ergeben eine gute Formadaptibilität und verleihen dem M. eine mehr oder weniger große Universalität. M. können pneumatisch oder mechanisch angetrieben werden. In der industriellen Handhabetechnik haben sich mechanische M. mit mehrgliedrigen Fingern, die durch Seilzüge bewegt werden, aufgrund ihres großen technischen Aufwands im Verhältnis zu dem i. allg. spezialisierten Einsatz von IR, noch nicht durchsetzen können.

Mehrfunktionsgreifer: Greifer, der außer der Funktion *Greifen* weitere Funktionen ausführt, z. B. Kontrollieren von Werkstückabmessungen.

Mehrkomponentensensor: Sensor, der mehrere oder sämtliche der z. B. 6 möglichen Komponenten einer in einem Punkt angreifenden mechanischen Belastung mißt. Der M. kann eine mechanische Zusammenschaltung mehrerer Einkomponentensensoren oder ein spezieller „echter“ M. sein. Problematisch ist bei allen echten M.en, daß ausreichend große Entkopplungsgrade der unterschiedlichen Komponenten erzielt werden. Vgl. Kraftsensor.

Mehrmaschinenbedienung, Mehrstellenarbeit: Organisationsform der Beliefe-

rung mehrerer Maschinen mit HHO durch einen einzigen IR. Dieser kann stationär angeordnet sein, wenn die Maschinen kreisförmig angeordnet sind. Bei geradliniger Aufstellung muß der IR mobil sein. Alle Abläufe an der Maschine, wie Werkzeugwechsel, Überwachung, Bearbeitungsablauf u. a., müssen automatisch ablaufen. Die Bedienung muß so organisiert werden, daß die Wartezeiten möglichst gering werden. Der Bedienungsablauf kann zyklisch oder prioritätenabhängig sein. Bei einer *zyklischen Bedienung* werden die Maschinen in festgelegter Reihenfolge bedient. Bei *prioritätenbedingter Bedienung* wird bei mehreren wartenden Maschinen die mit der höchsten Priorität zuerst bedient. Die Prioritäten können konstant oder zeitveränderlich sein, z. B. proportional zur Wartezeit. Bei M. muß ein entsprechend großer Programmspeicher vorhanden sein, da mehrere Programme im Speicher verfügbar sein müssen.

Die wissenschaftliche Grundlage zur M. ist die Bedientheorie.

Mehrnadelgreifer: Greifer für das Aufnehmen und Halten textiler HHO. Der Halteeffekt wird durch das Einstechen von Nadeln bewirkt. Der M. eignet sich vor allem für das Greifen dicht gewebter Stoffzuschnitte z. B. zur Beschickung automatisierter Nähmaschinen durch einen Nähroboter.

Mehrprozessorstuerung, Mehrprozessorsystem: Mikrorechnersteuerung (auch Mikrorechner), bei der – vorzugsweise zur Einhaltung von Echtzeitforderungen bei umfangreichen, zeitaufwendigen Steuerungsaufgaben (↗ Echtzeitbetrieb) – die Funktionen der ↗ Zentralverarbeitungseinheit auf mehrere Mikroprozessoren aufgeteilt sind. Diese sind, mit weiteren zu einem Mikrorechner gehörenden ↗ Modulen – im Unterschied zur Mehrrechnersteuerung –, an einem gemeinsamen Bus angeschlossen. Die Mikroprozessoren haben insbesondere Zugriff zu einem gemeinsamen Arbeitsspeicher.

Mehrprozessorsystem ↗ Mehrprozessorstuerung.

Mehrrechnersteuerung, Mehrrechnersystem: Steuerung, die aus mehreren Mikrorechnern aufgebaut ist, wobei jeder Mikrorechner definierte, abgegrenzte Teilaufgaben bearbeitet. Je ein Mikrorechner wird z. B. eingesetzt für:

- zentrale Informationsverarbeitung (*Leitrechner*),
- Bedienung und Programmierung (*Tableaurechner*),
- Lageregelung (*Lageregelungsrechner*),
- Prozeßkommunikation (*PMC-Rechner*),
- Bildauswertung (*Kamerarechner*).

Zahl und zugewiesene Teilaufgaben der Mikrorechner in M.en richten sich nach den konkreten Anforderungen an eine Steuerung sowie nach der Beherrschung der Aufgaben im ↗ Echtzeitbetrieb. Die Verbindung der Mikrorechner untereinander erfolgt über Koppelbusse. Vgl. Bus.

Mehrrechnersystem ↗ Mehrrechnersteuerung.

Mehrstellenarbeit ↗ Mehrmaschinenbedienung.

Mehrstundenmagazin: Werkstückspeicher, dessen Speicherkapazität ausreicht, eine oder mehrere Maschinen oder technologische Stationen über mehrere Stunden, möglichst aber eine Schicht, mit Arbeitsgut zu versorgen, um einen bedienarmen Ablauf organisieren zu können.

Mehrzweckgreifer: Greifer, der so ausgelegt wurde, daß er für verschiedene Greifaufgaben verwendet werden kann.

Mehrzweckroboter: Roboter, der auf andere Aufgaben umstellbar ist, also prozeßflexibel ausgelegt wurde. Vgl. Industrieroboter, prozeßflexibler, Einzweckroboter.

Meisterarm [engl. Masterarm] → Master-Slave-Manipulator.

MEL-Arm [engl., Abk. für *Mechanical Engineering Laboratory-Arm*]: zweiarmiger Versuchs-IR, der vom staatlichen japanischen Forschungsinstitut Mechanical Engineering Laboratory entwickelt wurde. Jeder IR-Arm hat 7 Gelenke mit Kraftsensoren und einen sensorisierten Greifer. Beide Arme führen mit Hilfe eines Kleinrechners koordinierte Bewegungen aus. Das Ziel besteht darin, den M. im Zusammenhang mit einer dreidimensionalen Objekterkennung koordiniert bewegen zu können.

Mensch-Maschine-System: System, in dem der Mensch als Operateur rückkoppelnd aufgrund eines angezeigten Maschinenzustands Bedienelemente betätigt, um vorgeschriebene Zustandsgrößen einzuhalten. Zur Beschreibung des Systemverhaltens in gegebener Situation und zur Erleichterung ingenieurpsychologischer Untersuchungen, in deren Mittelpunkt der Informationsaustausch zwischen Mensch und Maschine steht, dient das M. als sinnvolle Abstraktion. Verschiedentlich wird auch der Begriff *Mensch-Maschine-Kommunikation* bzw. *Mensch-Maschine-Dialog* gebraucht.

Mensch-Roboter-System: Mensch-Maschine-System, bei dem ein mehr oder weniger „intelligenter“ Roboter zum Partner des Menschen wird.

Menütechnik, Menüprogrammierung: Hilfsmittel für das Erstellen von Programmen, insbesondere für die Programmeingabe. Die M. ist dadurch gekennzeichnet, daß nach Auswahl einer Anweisung, z. B. mittels einer Funktionstaste, auf einem Bildschirm die für diese Anweisung möglichen Unter- oder Folgeanweisungen angezeigt werden, von denen der Programmierer eine auszuwählen hat. Das erfolgt mit Hilfe einer Auswahlstaste. In Abhängigkeit von deren Entscheidung kann ein weiteres „Menü“ angeboten werden usw. Ist eine Anweisung bzw. eine Folge von Anweisungen komplett erstellt, wird zur Eingabe, d. h. zur Übernahme in den Programmspeicher, aufgerufen.

Die Anzeige erfolgt in der Art der Programmdarstellung (z. B. Buchstaben, Ziffern). Zur Eingabe von Ziffern (z. B. für Sollwerte) wird durch Anzeige von Hochkommas aufgerufen (→ Dialogbetrieb).

Meßeinrichtung: Einrichtung, die physikalische Größen am IR oder in seinem Arbeitsraum, wie Größen über den Betriebszustand des Roboters, über Eigenschaften des HHO und über den Ablauf des technologischen Teilprozesses, durch Sensoren erfaßt oder vergleicht, deren Signale verarbeitet und an die Steuerung weitergibt. M.en am IR können Wegmeßsysteme und Objekterkennungseinrichtungen sein.

Messen: in automatischen Steuerungen das Bestimmen des Wertes einer physikalischen Größe und reproduzierbares Abbilden durch den Wert einer anderen physikalischen Größe. In automatisierten Fertigungssystemen kann es als Inprozeß-M. oder als Postprozeß-M. realisiert werden. Ersteres wird unmittelbar auf der Maschine durchgeführt, ergibt schnell Meßergeb-

nisse, ist aber unsicher und belastet die Hauptzeit der Maschine. Das Postprozeß-M. wird auf einer externen Meßeinrichtung zeitlich parallel zum Hauptprozeß realisiert.

Meßfeder ↗ Verformungskörper.

Meßfühler: Eingangsteil einer Meßeinrichtung, der die zu messenden (*nichtelektrischen*) Größen aufnimmt und in andere (*elektrische*) Größen umwandelt.

Meßglied: Einrichtung zur Erfassung von einer oder mehreren Größen und deren Aufbereitung als Signale, so daß diese die Werte der Größen eindeutig reproduzieren. Der Begriff M. wird insbesondere in der Regelungstechnik verwendet. Beispiele für M.er sind ↗ Wegmeßsysteme, ↗ Positionsgeber, ↗ Tachogenerator und Einrichtungen zur Messung physikalischer Größen, wie Temperatur, Druck oder elektrische Größen.

Meßgreifer: Greifer, dessen Greiforgane mit Meßeinrichtungen ausgestattet sind, so daß Werkstücke während des Handhabens gleichzeitig z. B. auf Durchmesser und Zylinderfehler geprüft werden können. Das Meßergebnis kann zur Sortierung von Teilen und Nachstellung von Werkzeugen (*Postprozeß-Steuerung*) verwendet werden.

Meßritzel ↗ Meßzahnstange.

Meßroboter: Dreikoordinatenmeßsystem, das in den Fertigungsablauf integriert und um mehrere Bewegungsachsen programmierbar ist. Die Erfüllung der Meß- und Prüfaufgaben kann auch auf mehrere modulartig gestaltete Meßarme mit einem Getriebefreiheitsgrad von 3 bis 4 übertragen werden, die dann z. B. am Förderband mit einer Probenquote von 100% arbeiten. Ein M. kann z. B. folgende Bewegungsdaten haben: Verfahrensgeschwindigkeit 0,5 m/s, Meßgeschwindigkeit 0,08 m/s, Beschleunigung 3 m/s².

Meßsystem ↗ Wegmeßsystem.

Meßsystemankopplung ↗ Wegmeßsystemankopplung.

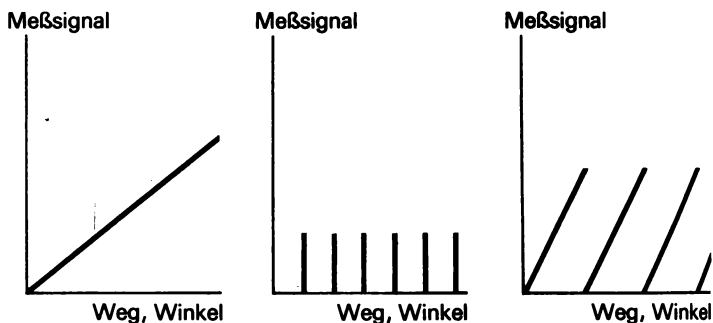
Meßverfahren (von Wegmeßsystemen): Verfahren zum absoluten, inkrementalen und zyklisch-absoluten Messen von Wegen bzw. Winkeln.

1. *Absolutes M.:* Die Meßsignale sind eindeutige Abbilder der aktuellen Istposition, bezogen auf die Position Null (Koordinatenursprung) der Bewegungseinheit. Nach Einschalten der Versorgungsspannungen steht die Istposition unmittelbar, d. h. unabhängig von Verfahroperationen, zur Verfügung.

2. *Inkrementales M.:* Als Meßsignale stehen Impulsfolgen zur Verfügung. Die Impulszahl ist ein Maß für den zurückgelegten Verfahrensweg bzw. Drehwinkel. Die Istposition muß durch Impulzzählung (Meßwertaufbereitung) gewonnen werden. Durch Nullung ist dem Istwert „Null“ der Zählerstand „Null“ zuzuordnen.

3. *Zyklisch-absolutes M.:* Der Meßwert wiederholt sich zyklisch, z. B. nach einer vollen Umdrehung des Wegmeßsystems, d. h. dieser ist nur innerhalb einer Umdrehung absolut. Die Umwandlung des Meßwertes in den (eindeutigen) Istwert muß in der Meßwertaufbereitung erfolgen (Zählen, Verrechnen). Zyklisch-absolutes M. haben damit auch Eigenschaften inkrementaler Verfahren.

Inkrementale M. sind aus der Sicht des Wegmeßsystems einfacher und bil-

absolutes
Meßverfahreninkrementales
Meßverfahrenzyklisch-absolutes
Meßverfahren

Meßverfahren: Meßwerterfassung und Verfahren zur Weg- bzw. Winkel-messung

liger im Vergleich zu absoluten M. Es sind aber besondere Maßnahmen gegen Falschimpulse zu treffen. Vgl. Störbeeinflussung. Abb.

Meßwertaufbereitung: elektronische Schaltung zur Gewinnung des Istwertes in einer für die Steuerung weiterverarbeitbaren Form aus dem Signal des ↗ Wegmeßsystems. Erfordernis und Funktionen der M. sind abhängig von Art und Einsatzbedingungen des Wegmeßsystems, den Bedingungen der Weginformationsverarbeitung in der Steuerung sowie der geforderten Weg- bzw. Winkelauflösung. Die M. ist i. allg. in der Steuerung untergebracht.

Meßzahnstange: mechanisches Bauteil, das, ebenso wie *Meßritzels*, zur Umsetzung einer Linearbewegung in eine Drehbewegung dient, wobei durch Kopplung des Meßritzels mit einem Winkelkodierer indirekt Längenmessungen ausgeführt werden. Eine alternative Lösung für die Bewegungsübertragung wäre der Einsatz eines Wälzschraubtriebes. Vgl. Inkrementalgeber.

Meßzelle: aus automatisierten Einrichtungen und systemgerecht integrierten Teilsystemen zusammengestellter Komplex für unterschiedliche Meßaufgaben an häufig wechselnden Werkstücken. Zu den Teilsystemen gehören i. allg. ein Meßroboter sowie ein System zur selbsttätigen Werkstück-handhabung.

Meßzeughandhabung: Handhabung von Meß- und Prüfköpfen zur Überwachung des Arbeitsergebnisses an einer Bearbeitungsmaschine innerhalb von Fertigungszellen durch automatische Handhabeeinrichtungen. Die M. kann auch die automatische Bestückung eines Meßsystems mit entsprechenden Meßfühlern, die einem Magazin entnommen werden, betreffen.

MFR: Abk. für ↗ Maschinenfließreihe.

Mikroelektronik: Teilgebiet der Elektronik. Es enthält die Gesamtheit von elektronischen Funktionselementen für die Informationsgewinnung, -auf-

bereitung, -verarbeitung und -nutzung mit geometrischen Abmessungen im Millimeter- und Submillimeterbereich. Hochentwickelte IR bedürfen mikroelektronischer Steuerungen.

Mikromanipulator: Manipulator, der dazu dient, feinste Bewegungen bis herunter zu Verfahrwegen, die kleiner sind als ein Mikrometer, auszuführen. Das Führungsgetriebe und die Antriebe sind dazu entsprechend ausgelegt. Es wird auch von einem M. gesprochen, wenn dieser als Master-Slave-Manipulator arbeitet, wobei die vom Operateur vorgeführten Bewegungen z. B. im Maßstab 1000:1 verkleinert werden. Die Arbeitsorgane bewegen sich im Millimeterbereich; sie werden durch binokulare Mikroskope beobachtet. An Führungsgetriebe, Antriebe, Meßsysteme und Steuerungen werden hohe Anforderungen gestellt. Vgl. Präzisionsrobotertechnik.

Mikroprozessor: Schaltkreis in LSI-Technik (großintegrierter Technik), der die Bestandteile einer Zentralverarbeitungseinheit beinhaltet. Man unterscheidet zwischen speziellen und universellen M.en. Der spezielle M. wird für spezielle Verarbeitungsaufgaben entwickelt und programmiert, z. B. für Haushaltgeräte, Taschenrechner. Im allgemeinen Sprachgebrauch ist unter M. der universelle M. zu verstehen, der sich als wesentliche Eigenschaft durch Freiprogrammierbarkeit auszeichnet, d. h. er kann mittels eines Systems von (Basis-) Befehlen durch Programmierung (↗ Steuerprogramm) für beliebige Informationsverarbeitungsaufgaben innerhalb seiner Leistungsgrenzen eingesetzt werden.

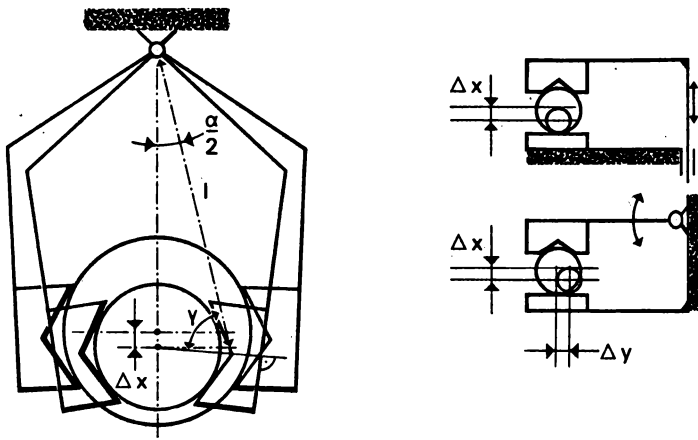
Ein M. ist für sich allein nicht arbeitsfähig. Er benötigt dazu mindestens noch eine Ergänzungselektronik und einen Programmspeicher. Der Informationsaustausch intern und mit peripheren Moduln, wie Speicher, Ein-/Ausgabe-Module, erfolgt über den Systembus.

Mikrorechner: Digitalrechner, dessen Zentralverarbeitungseinheit ein Mikroprozessor ist. Zusammen mit Speichern, Ein-/Ausgabebausteinen, der Stromversorgung, dem Bus, einer Ergänzungselektronik für den Mikroprozessor und gegebenenfalls dem Gefäßsystem stellt der M. ein arbeitsfähiges System z. B. für eine Steuerungsaufgabe dar. Die auszuführenden Funktionen werden durch das Steuerprogrammsystem (Betriebssystem) festgelegt. Als Speicher für M. kommen solche vom Typ ROM (Nur-Lese-Speicher für das Betriebssystem) und vom Typ RAM (als Arbeitsspeicher des M., für das Anwendersystem und für ladbare Komponenten des Betriebssystems) in Betracht.

Mikrorechnerentwicklungssystem ↗ Entwicklungssystem.

Mikrorechnersteuerung: Steuerung, z. B. für einen IR, mit einem oder mehreren Mikrorechnern. Zusätzlich enthält die M. Bausteine, Geräte usw., die den Mikrorechner zur Steuerung komplettieren, z. B. Teach-in-Tableau, Leistungsteil, Antriebssteller, Bedienelemente, Bildschirm. Weiterhin werden benötigt ein Gefäßsystem (Kassetten, Rahmen, Schrank) und ein Verbindungssystem (Verdrahtung, Kabel, Leitungen, Steckverbinder) sowie Anschlüsse für die Leitungen vom und zum zu steuernden Prozeß und für die Steuerungshilfsenergie sowie spezielle Funktionseinheiten, z. B. Belüftung, Überwachung. Abb. S. 219.

Mikrorechnersystem, Abk. MRS: aufeinander abgestimmtes (Erzeugnis-)



Mittelpunktverlagerung beim Greifen

Sortiment von Hard- und Softwaremoduln einschließlich notwendiger Gefäßsysteme (z. B. Kassette mit Bus) und der Dokumentation zum Zweck des Aufbaus von Mikrorechnern durch den Anwender. Neben typischen Geräte-moduln eines Mikrorechners (ZVE-Modul), Speichermodule, Anschluß-steuermodule, Stromversorgungsmodule, Buskoppelmodule, können auch Peripheriegeräte, z. B. externe Speicher, Bildschirmeinheit, Tastatur, Loch-bandleser, Lochbandstanzer, zu einem M. gehören. Wichtig ist die Paßfä-higkeit der Komponenten untereinander. Vgl. Interface.

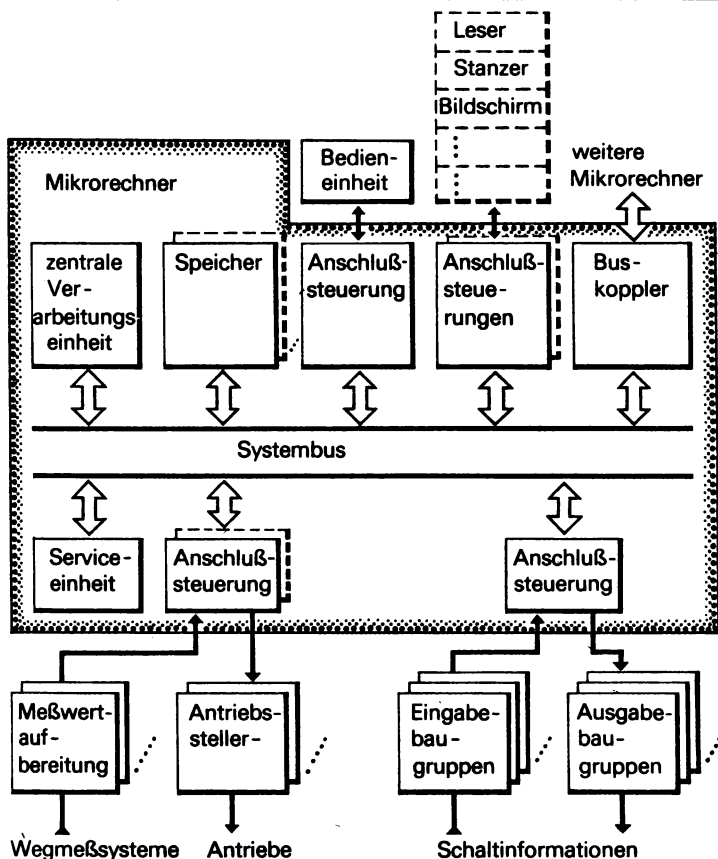
Mikrowellensensor: Sensor mit im Mikrowellenbereich liegender Meßfre-quenz. Der M. kann z. B. als Bewegungsmelder für Raumschutzaufgaben konzipiert werden. Der technisch interessante und mögliche Frequenzbe-reich liegt zwischen etwa 1 und 100 GHz. Es werden Verfahren der Lauf-zeitmessung (*Radar*) und der Phasenmessung (*Interferenz*) eingesetzt.

Mikrowurf → Wurfziffer.

Mister Ohm Kilowatt: Schaustellungsroboter, der 1933 von *Earl Kent* (USA) hergestellt wurde. Er hatte äußerlich Ähnlichkeit mit einer Ritterrüstung, wurde elektrisch gesteuert und konnte auf ins Ohr geflüsterte einfache Fra-gen laut und deutlich über einen eingebauten Lautsprecher antworten.

MIT-Arm [engl., Abk. für *Massachusetts Institute of Technology-Arm*]: universell nutzbarer Kleinroboter mit der Struktur DDD/DDD, einer Trag-fähigkeit von 1,5 kg und einem Positionierfehler von etwa 1 mm. Das Errei-chen beliebiger Punkte im Arbeitsraum des Roboters beansprucht weniger als 1 s. Der größte Arbeitsraumradius beträgt 900 mm. Elektromotoren mit einer Leistung von 50 W sind direkt in die Drehgelenke eingebaut. Der M. wurde von *V. Scheinmann* (Scheinmannarm) in den USA für die Montage kleiner Teile entwickelt.

Mittelpunktkonstanz: in der Greiftechnik die Gewährleistung eines Greif-



Prinzipaufbau einer Mikrorechnersteuerung

zentrums, daß auch bei Greifdurchmesseränderung unverändert feststeht. Die M. wird durch zentrierende Dreifingergreifer gewährleistet. Sie kann auch beim Ablegen von Werkstücken in Werkstückspeichern durch Zentrierhebel als Lagesicherungselemente erreicht werden.

Mittelpunktverlagerung, Greifmittelpunktverlagerung: in der Greiftechnik die Verschiebung des Greifzentrums infolge Greifdurchmesseränderung. Sie ist von der Konstruktion des Greifers abhängig. Die M. errechnet sich bei einer Situation nach Abb. a wie folgt:

$$x = l \cdot \sin \gamma \left(\frac{1}{\sin(a/2 + \gamma)} - 1 \right).$$

In Abb. *b* werden noch einige andere Greifer vorgestellt, bei denen ebenfalls eine *M.* auftritt. Abb. S. 218.

ML [engl., Abk. für *manipulator language*]: eine von der Firma IBM 1975 in den USA entwickelte problemorientierte Programmiersprache für IR. Sie hat eine einfache Syntax; die zugehörige Semantik ist jedoch komplizierter, da sie explizite Sensorbefehle aufweist.

Mnemokode → **Mnemonik**.

Mnemonik: maschinenorientierte Programmiersprache, in der alphanumerische Abkürzungen zur Notation von Befehlen verwendet werden, z. B. *ADD* für Addition, *CMP* für Vergleiche (*compare*). Da der Arbeitsspeicher einer Rechnersteuerung nur Bitmuster aufnehmen kann, muß die Befehls-*M.* in den Maschinenkode übersetzt werden. Die Liste aller *M.* und der dazugehörigen Bedeutungen bezeichnet man als *Mnemokode*.

Mobilität → **Beweglichkeit**.

Mobot [engl.]: Abk. für *mobile robot*.

Modell: Mittel, das zur Gewinnung von Erkenntnissen und zur Vermittlung von Kenntnissen über bestimmte Objekte dient oder das als Ersatz der Funktion dynamischer Systeme Verwendung findet. Die Konstruktion von *M.en* kann rein semiotisch in Gestalt von abstrakten Zeichensystemen erfolgen. Beispiele hierfür sind mathematische und logische Modelle.

Modul: Sammelbegriff für Funktionseinheiten (Bausteine), die für definierte Einsatzbereiche weitgehend standardisierte Merkmale haben und zueinander paßfähig sind. In der Steuerungstechnik wird zwischen Geräte- (Hardware-*M.*) bzw. Baugruppen-*M.*, z. B. Stromversorgungs-, Speicher-, Anschlußsteuer-*M.*, und Programm-*M.* (Software-*M.*), z. B. Lageregelungs-, Kodewandlungs-, Arithmetik-*M.*, unterschieden. Ein Baugruppen-*M.* einer IR-Steuerung mit Mikrorechner erfüllt bestimmte Funktionen für den Betrieb der Steuerung, wie verarbeiten, speichern u. a. *Handhabe-M.* sind systemgerecht aufeinander abgestimmte Baueinheiten zur Realisierung von Gestell-, Bewegungs-, Antriebs-, Ordnungs-, Werkstückspeicher- und Steuerfunktionen u. a., um Einrichtungen zur Ausführung von Handhabevorgängen in unterschiedlichen Ausbaustufen aufgabengerecht und wirtschaftlich zusammensetzen zu können. Vgl. Baukastenbauweise, Baukastenprinzip, Baukastensystem.

Momentsensor → **Drehmomentsensor**.

Monitor: 1. Organisationsprogramm, das Bestandteil der maschinenorientierten Softwareunterlagen eines Mikrorechnersystems ist. Es dient im wesentlichen der Kommunikation des Menschen mit dem Mikrorechner (Abarbeitung von Programmen, Ein- und Ausgabe von Daten über angeschlossene periphere Geräte). – 2. Bildschirm, auch als Fernseh-*M.* bezeichnet.

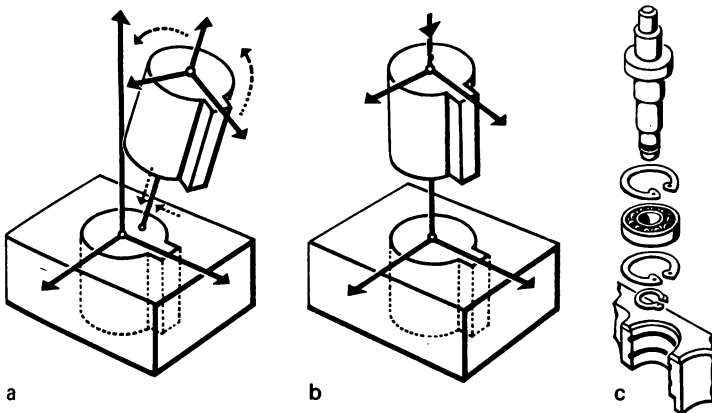
Montagegreifer: im allgemeinen sensorisierter Greifer, der für Montageoperationen geeignet ist und mitunter auch mehrere Teile anfassen kann (Mehrzweckgreifer). Der *M.* wird oft auch als Fügemechanismus, Füge- oder Arbeitskopf bezeichnet.

Montageindustrieroboter, **Montageroboter**: IR, der selbständig Einzelteile bzw. Baugruppen zu einem Erzeugnis zusammensetzt. Die zur Montage er-

förderlichen Grobbewegungen zum Handhaben des Montageteils 2 und zur Grobpositionierung gegenüber dem Montagebasisteil 1 werden vom $\nearrow$ Führungstrieb ausgeführt, während die Feinbewegungen (Abb. a) zum Ausgleich von Fehlern und zum Fügen i. allg. von $\nearrow$ Fügemechanismen übernommen werden. Erst wenn Positions- und Winkelfehler kompensiert sind (Abb. b), kann das Fügen erfolgen.

Mit der feinprogrammierbaren automatischen Montage, wie sie für mittlere und kleinere Stückzahlen notwendig ist, sind viele Probleme verbunden; z. B. die automatische Umstell- und Umbaubarkeit auf verschiedene HHO, eine bestimmte Flexibilität und Beweglichkeit in Abstimmung mit der $\nearrow$ Peripherie, einem $\nearrow$ Erkennungssystem für Situationen im Montagebereich, bestehend aus Signalaufnehmern ($\nearrow$ Rezeptoren, $\nearrow$ Indikatoren, $\nearrow$ Sensoren) und einer logischen, später entscheidungs- und lernfähigen Signalverarbeitung sowie die Zielstellung nach einer hohen Selbständigkeit des M. Er soll in zunehmendem Maße Störungen selbst beheben können, also ein *intelligenter Roboter* sein bzw. werden. Außerdem müssen die zu montierenden Erzeugnisse robotermontagegerecht gestaltet sein (Abb. c). Ob ein M. überhaupt vorgesehen werden sollte, hängt i. allg. von der geforderten Leistung, der Erzeugniskomplexität und der Prozeßkompliziertheit ab (Abb. d). Die Auslegung eines M. ist stark von den Anforderungen des jeweiligen Industriezweigs abhängig. So sollte ein M. für die Elektronikindustrie z. B. folgende Charakteristik aufweisen; Arbeitsfläche 610×610 mm, 2000 Arbeitszyklen je Stunde, 4 Bewegungsachsen, Positioniergenauigkeit 0,025 mm, Wiederholgenauigkeit 0,013 mm, Tragfähigkeit 2,3 kg, Rechnersteuerung. Abb.

Montagehand, Montagekopf: Bestandteil eines $\nearrow$ Montageindustrieroboters, der das Montageteil oder ein Fügwerkzeug handhabt. Zur M. gehören wahlweise Wechselsysteme zur Aufnahme verschiedener Montagegreifer



Montagebewegungen und Erzeugniskonstruktion: a Ausgangszustand, b fehlerkompensierter Zustand, c Aufbau einer Montagebaugruppe

oder -werkzeuge, Ausgleichs- und Sensoreinheiten (↗ Fügemechanismus) und gegebenenfalls Bewegungseinheiten mit einer speziellen Mikrorechnersteuerung.

Montagekopf ↗ Montagehand.

Montagelinie, Fließmontage, Gleitmontageprinzip: Einrichtung zum automatischen Montieren nach dem Gleitmontageprinzip, wobei eine Baugruppe durch mehrere einfache, aus einem modularen System aufgebaute ↗ Manipulatoren montiert wird und die Montageeinheit weitertaktet. Transporteinrichtung und Manipulatoren stellen eine integrierte Anlage mit zentraler Steuerung dar. Jeder Manipulator führt eine spezifische Aufgabe i. allg. ohne Greifer- bzw. Werkzeugwechsel aus. Vgl. Montagezentrum.

Montagegerechtigkeit: Gesamtheit der Eigenschaften einer Erzeugniskonstruktion, die sich in verminderten Aufwendungen bei der technischen Vorbereitung des Montageprozesses und beim Zusammenbau von Erzeugnissen gleicher Zweckbestimmung bei Sicherung der festgelegten Werte der Qualitätskennziffern und gegebenen Herstellungsbedingungen äußern. Vgl. Produktgestaltung, montagegerechte.

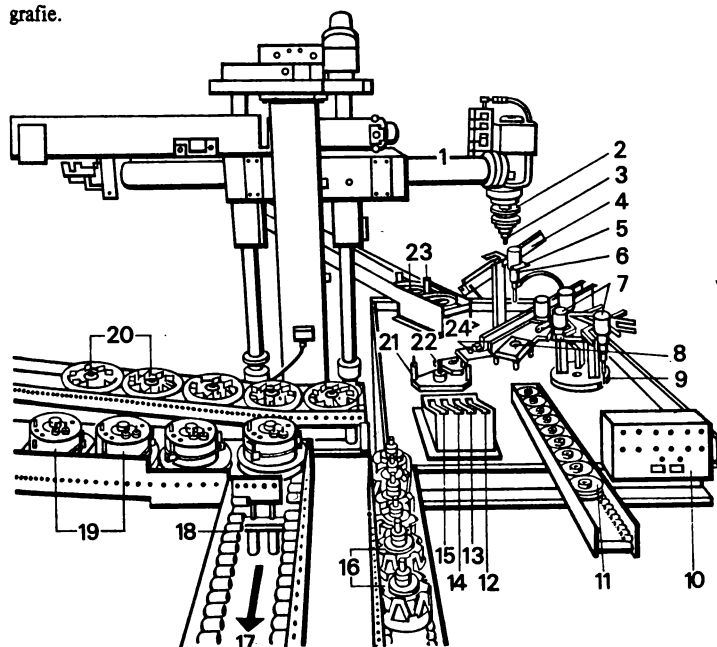
Montagesystem, modulares: aus modularen Baueinheiten aufgebaute und auf die jeweilig zu realisierende Montageaufgabe abgestimmte Montageeinrichtung. Das flexible automatische m. M. besteht aus dem inneren und äußeren Transportsystem, Speicher und Träger für Montageteile, Speicher und Träger für Montagewerkzeuge, Energie- und Informationskoppelleinheiten, Reinigungs-, Kontroll- und Konserviereinheiten sowie Montagestationen mit Montagehänden. Die Montageköpfe können je nach Erfordernis aus Dreh-, gesteuerter oder ungesteuerter Linear- und Sensoreinheit, gesteuertem oder ungesteuertem Fügemechanismus, automatischem Wechselssystem und Montagewerkzeug oder -greifer zusammengesetzt werden. M. M. sind eine Komponente bedienarmer Produktionstechnik, mit der eine größtmögliche Anpaßbarkeit in der Konzeption und beim Einsatz des Systems für die Montage einer Typengruppe von Erzeugnissen erreicht werden soll. Die weitere Entwicklung stellt als Aufgaben die rechnergestützte Konzipierung der Montagezyklen und der gesamten technischen Struktur einschließlich der Steuer- und Überwachungssysteme.

Montagezelle, flexible: weitgehend automatisierter Montageplatz für unterschiedliche, häufig wechselnde Montageaufgaben, die mit einem oder mehreren Montagerobotern ausgeführt werden. Der Unterschied zu einem Montagezentrum besteht nur in der höheren Flexibilität. Für eine Einteilung in Niveaustufen könnten als Merkmale die Möglichkeit des Greifer- und Werkzeugwechsels, die Montage in einer oder in mehreren Vorzugsrichtungen und die Koordination mehrerer Roboterarme herangezogen werden.

Montagezentrum, Einzelplatzmontage: Einrichtung zum automatischen Montieren nach dem Einzelplatzprinzip, bei dem eine Baugruppe von einem oder mehreren hochentwickelten Montageindustrierobotern komplett ohne Ortswechsel montiert wird. Der Montageroboter muß viele Bewegungsachsen aufweisen, über eine Greiferwechseleinrichtung verfügen, eine umfangreiche ↗ Peripherie und eine komfortable Steuerung haben, ebenso ein kompliziertes Überwachungssystem. Vgl. Montagelinie. Abb. S. 223.

Morphem: kleinste Einheit, die in einer Programmiersprache für sich eine Bedeutung hat.

Motografie: grafische Sprache zur Aufzeichnung menschlicher Bewegungen ähnlich der Notenschrift in der Musik. Sie wurde von dem Arzt *A. P. Valyšev* (1914 bis 1976) ausgearbeitet und unterscheidet Bewegungen in räumliche Bewegungen (Bewegung des Kopfes, Rumpfs, der Hand und des Fußes), Finger- und Zehenbewegungen, Mimik und Emotionen oder Bewegungen, die den inneren Zustand des Menschen ausdrücken, berührende Bewegungen, Bewegungen zwischen Individuen und Objekten sowie Bewegungen von Individuen in einer realen Umwelt. Die M. kann auch zur Beschreibung von komplizierten Roboterbewegungen genutzt werden. Vgl. Kinotografie.



Montagezentrum: Robotermontagesystem für eine PKW-Wechselstromlichtmaschine (Montagezeit: 2 min, 42 s); Charles Stark Draper Laboratory/Cambridge Massachusetts (USA) · 1 Arm des Roboters, 2 Federgelenk, 3 Werkzeug, 4 Schiene, 5 Werkzeugspeicher, 6 Werkzeughalter, 7 Werkzeuge, 8 Anschlag (Arretierung), 9 Schalttisch, 10 Lehr- und Steuerschaltkasten, 11 Keilriemenscheiben, 12 Abstandhalter für Lager, 13 Dichtungsringe, 14 Mutter, 15 Abstandhalter für Lager, 16 Rotoren, 17 ohne Belastung, 18 Fertigeinheiten unbelastet, 19 Gehäuse, 20 Lüfter, 21 Hauptmontagevorrichtung, 22 Baugruppenvorrichtung, 23 Vordergehäuse, 24 Lager

Motor ↗ Antriebsmotor.

Motorstromregelkreis: Regelkreis als Bestandteil der Kaskadenregelung für eine IR-Bewegungseinheit. Der Stromwert ist insbesondere ein Maß für die Beschleunigung. Der M. wird meist als sogenannter *Grenzwertregler* ausgeführt, der bewirkt, daß ein bestimmter Stromwert und damit eine bestimmte Beschleunigung bzw. Verzögerung der Bewegungseinheit nicht überschritten werden.

MP [engl.]: Abk. für *multipoint*. ↗ Vielpunktsteuerung.

MPU [engl.]: Abk. für *microprocessor unit*. ↗ Zentralverarbeitungseinheit.

MRS: Abk. für *Mikrorechnersystem*

MSI [engl., Abk. für *medium scale integration*]: Bezeichnung für einen integrierten Schaltkreis, der bis 10^3 Funktionseinheiten oder 10^2 Gatterfunktionen je Chip aufweist.

MSM [engl.]: Abk. für *Master-Slave-Manipulator*.

MSR-Technik: Abk. für *Meß-, Steuerungs- und Regelungs-Technik*. Zusammen mit der Rechentechnik und Datenverarbeitung stellt sie im wesentlichen die technische Basis zur Durchführung von Automatisierungsvorhaben dar.

MTBF [engl., Abk. für *mean time between failures*]: Zeitspanne zwischen 2 fehlerhaften Ereignissen beim Betrieb technischer Einrichtungen. Vgl. Zuverlässigkeit.

MTM [engl., Abk. für *methods time measurement*]: Verfahren, mit dem manuelle Prozesse in Grundbewegungen zerlegt und diesen einflußabhängige vorbestimmte Zeitwerte zugeordnet werden können. Da IR solche Grundbewegungen übernehmen können, lassen sich einige Regeln und Verfahren für die Konzipierung von Mensch-Roboter-Systemen verwenden.

MTTF [engl., Abk. für *mean time to failure*]: Zuverlässigkeitsangabe, die sich auf die Funktionsdauer bis zum Totalausfall elektronischer Bauelemente und -gruppen bezieht.

MTTR [engl., Abk. für *mean time to repair*]: Größe der mittleren Zeit je Instandsetzung.

Muldengreifer: Greifer, der ein HHO mit einer Mulde, z. B. ein nach oben offenes Prisma oder eine schöpfkellenähnliche Vorrichtung, formpaarig aufnimmt.

Multiantriebssystem ↗ Mehrantriebssystem.

Multidiodenvidikon ↗ Bildsensor.

Multifunktionsgreifer ↗ Mehrbereichsgreifer.

Multigreifer: mehrteiliger Greifer in der Art eines Revolvergreifers, der aus z. B. 6 Einzelgreifern bestehen kann und besonders zum Handhaben von unterschiedlichen Kleinteilen in Montagezellen dient. Der Greifer nimmt an Zubringeeinrichtungen und Werkstückspeichern, die auf engem Raum angeordnet sind, zunächst sämtliche für eine Montage erforderlichen Teile auf, ehe die Montageposition angefahren und die Montage ausgeführt wird. Dabei wird der M. nach jedem Montagevorgang um eine Position weitergetaktet.

Multiplexer: Schaltung oder Programm zum zyklischen Erfassen von meh-

renen gleichzeitig auftretenden (*parallelen*) Eingangsinformationen (Eingangskanälen). Sie werden zeitlich nacheinander (*seriell*) auf einen Ausgang (*Ausgangskanal*) zum Zweck der Übertragung ausgegeben. Vgl. Demultiplexer.

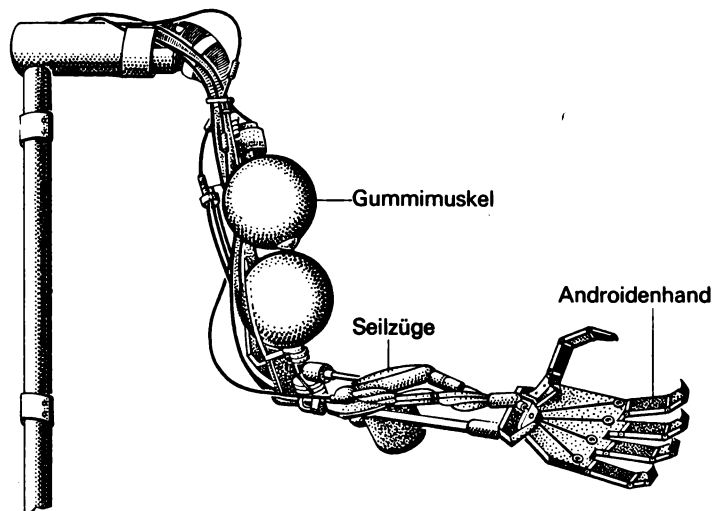
Multiplextechnik: Bezeichnung für die Vielfachnutzung von Übertragungswegen durch frequenz- oder zeitgestaffelte Informationsübertragung. Bei der Zeit-M. benutzt man die Puls-Code-Modulation zum Aufbau zeitgestaffelter Kanalbündel. Hierbei werden den einzelnen Signalverläufen Abtastproben entnommen, zeitlich verschachtelt und binär kodiert. Vgl. Multiplexer.

Multipunktsteuerung, Abk. MP ↗ Vielpunktsteuerung.

Multisensor: Sensor, der im Gegensatz zum Einzelsensor mit dem für den Energieformwechsel vorhandenen Teil gleichzeitig mehrere Meßgrößen unterschiedlicher Art wandeln kann, wobei hierfür ein einziges mehrfach genutztes Sensorelement oder mehrere meßgrößenspezifische Sensorelemente eingesetzt sein können.

Muskel, künstlicher: künstlich hergestellter, polymerer Körper mit Faser- oder Hautstruktur, der sich bei Veränderung der ihn umgebenden Flüssigkeit reversibel ausdehnen oder zusammenziehen kann. Kontraktionsfasermodele wurden vom sowjetischen Biochemiker *W. A. Engelhardt* aus Eiweißextrakten hergestellt. Ähnliche Konstruktionsstrukturen wurden später auch von *W. Kuhn* und *A. Kaczalski* auf synthetischem Wege geschaffen.

Muskel, pneumatischer: Antriebs- element, das wie ein natürlicher Muskel auf dem Prinzip der Kontraktion beruht. Für die Herstellung werden spezielle druckluftbeaufschlagte Gummikörper verwendet. *McKibben* entwik-



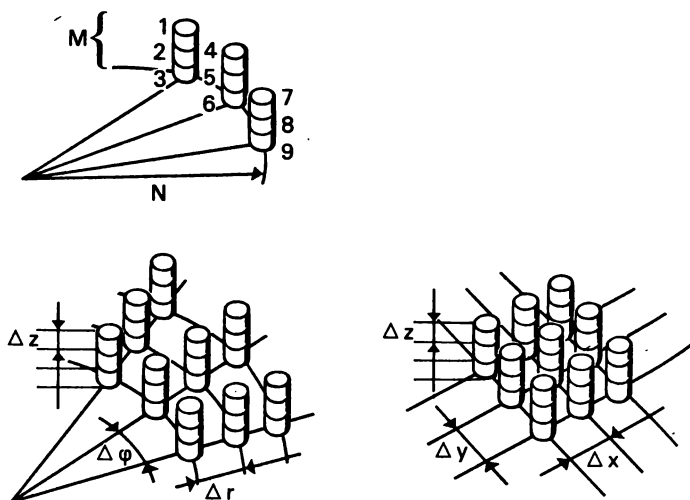
Muskel, pneumatischer: Prothesenantrieb mit Gummisegmentmuskel

kelte in den fünfziger Jahren in den USA einen pneumatischen Vielsegmentmuskel als Prothesenantrieb. Der erste künstliche Muskel nach dem Vorbild des natürlichen wurde 1930 von S. M. Gerasief erfunden (Moskau, Patent Nr. 14570). Er wurde jedoch nie angewendet. Abb.

Mustererkennung: Art der Informationsverarbeitung, bei der Sensoren Informationen aufnehmen, die ausgewertet, verarbeitet und mit solchen gespeicherten Informationsmustern als Idealtyp verglichen werden, die einem *Bild der Umgebung* entsprechen. Die M. geschieht beispielsweise mit Verfahren der $\nearrow$ Szenenanalyse.

Musterfunktion: Positionierung des Arbeitsorgans eines IR in von Zyklus zu Zyklus unterschiedlichen Raumpunkten, die jedoch als Ganzes ein geometrisch regelmäßiges Muster ergeben, z. B. Geraden-, Flächen- und Raumpunktmuster. M.en ergeben sich insbesondere bei Palettier- und Stapelaufgaben. Sie werden programmtechnisch zweckmäßig durch $\nearrow$ Programmerroutinen bewältigt. Abb.

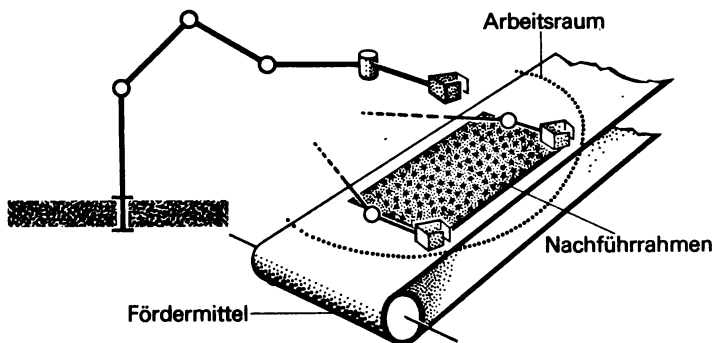
Mustervergleich: Vergleich zweier Muster, um zu entscheiden, ob sie zur gleichen Klasse gehören oder nicht. Muster können z. B. Buchstaben, Ziffern, Zeichen, gesprochene Wörter, HHO oder Radarsignale sein.



Musterfunktion: Beispiele für verschiedene Programmerroutinen;
M Stapelhöhe, *N* Radius, Δx , Δy , Δz , $\Delta \gamma$, $\Delta \varphi$ Abstände

N

Nachführrahmen: gedachte Umgrenzung des Greifbereichs, in dem der Greifer eines ortsfesten IR in der Lage ist, ein sich bewegendes HHO aufzunehmen. Der N. hängt von der Anordnung des IR zum Fördermittel, von der Länge und Ausführung der Greiferbacken sowie der Höhenlage des Greifers im Arbeitsraum ab. Abb.



Nachführrahmen beim Greifen vom laufenden Band

Nachführsteuerung: Steuerung zum Greifen oder Bearbeiten sich bewegender HHO. Die Handhabebewegung wird der Objektbewegung nachgeführt (*Tracking*). Ist der IR ortsungebunden, so kann er auf einem zusätzlichen Fahrwerk parallel zum HHO mit gleicher Geschwindigkeit verfahren werden. Bei ortsgebundenen IR müssen beim „Griff aufs Band“ folgende Erfordernisse erfüllt sein:

- Sensoren, die die Art des HHO, seine Position und die Lage feststellen und der Steuerung mitteilen;
- Überwachung der Fördermittelgeschwindigkeit mit $\nearrow$ Tachogenerator;
- zweckmäßige Anordnung des IR zum Fördermittel, so daß der Nachführrahmen optimal ausfällt. Abb. S. 228.

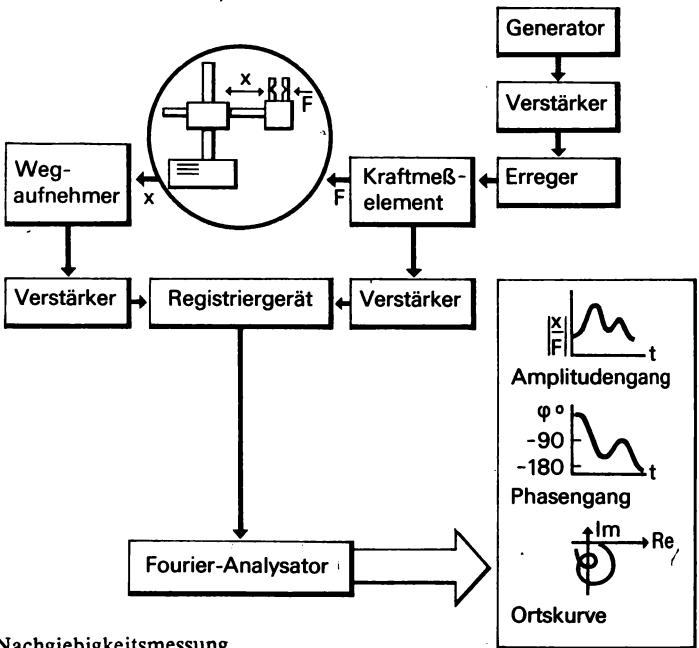
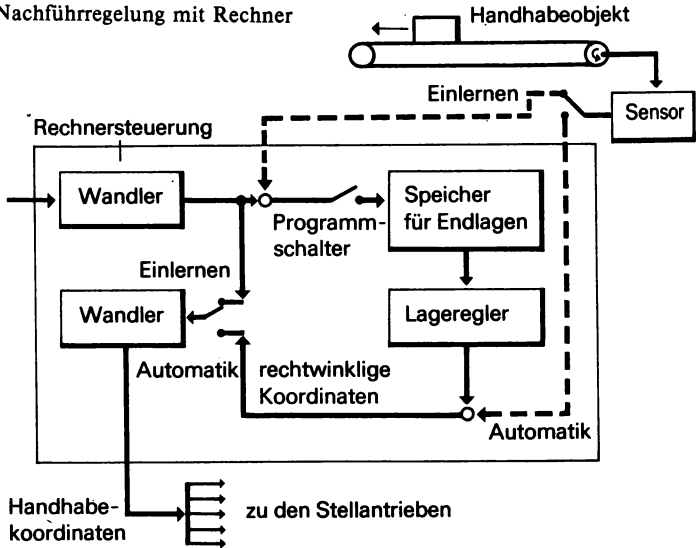
Nachgiebigkeit: Kehrwert der $\nearrow$ Steifigkeit oder Steife einer Maschine.

Nachgiebigkeitsmessung: Meßmethode zur Feststellung der dynamischen Nachgiebigkeiten, Dämpfung und Resonanzfrequenz, die bei einem IR, besonders am Greifer, von Interesse sind. Werden Werkzeuge bewegt, die einen berührenden Kontakt zum Werkstück haben, so wird das Führungsgetriebe durch das Werkzeug dynamisch erregt. Diese Kraft bewirkt eine Wegänderung. Kraft- und Wegsignale werden auf einem Oszilloskop angezeigt und im Analysator ausgewertet. Abb. S. 228.

Nachladeelevators: Förderwerk, mit dem Werkstückspeicher, z. B. Vibrationswendelförderer, durch zeitweises Ingangsetzen mit Gut nachgefüllt werden können.

Nachlauffehler: Fehler, der sich aus der zeitlichen Verschiebung der Bewe-

Nachführregelung mit Rechner

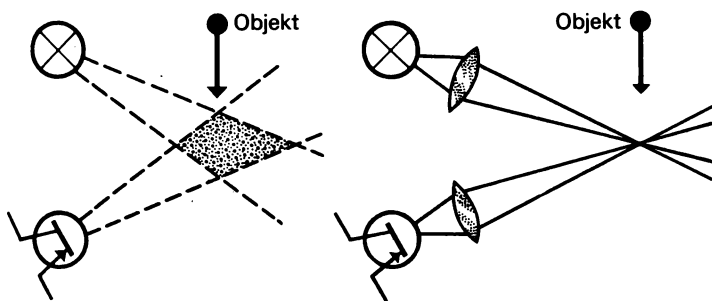


Nachgiebigkeitsmessung

gung eines an einem Stetigförderer arbeitenden IR zur Bewegung des Förderers ergibt. Der N. kann verringert werden, wenn der IR, z. B. ein Farbspritzroboter, immer wieder auf einen Startimpuls hin sein Programm beginnt.

Nachpositionieren: genaues Erreichen einer räumlichen Sollposition durch kleine Korrekturbewegungen. Vgl. Positionieren.

Näherungssensor: berührungslos arbeitender Sensor, dessen Ausgangssignal eine Information über die im Zuge eines Bewegungsvorgangs erfolgende Annäherung zwischen dem sensortragenden Teil, z. B. einer Greiffläche, und Objekten der unmittelbaren Umgebung liefert. N.en sind Ausführungen von ↗ Strahlungssensoren mit induktiver, kapazitiver, optischer oder Ultraschallankopplung an das Objekt. Abb.



Wirkungsprinzip optischer Näherungssensoren

Nähroboter: integrierter automatischer Näharbeitsplatz in der Konfektionsindustrie, bei dem die zu nähenden textilen Gebilde von einem programmierbaren Manipulator aus einem Magazin geholt und unter die automatische Nähmaschine gebracht werden.

Nahterkennung: Erfassen der Fugenform, des Nahtanfangs und -endes beim Lichtbogenschweißen mit einem IR durch Sensoren.

Nahtverfolgung ↗ Bahnverfolgung.

Nahtverfolgungssystem: zusätzliche Ausrüstung für einen Lichtbogen-schweißroboter, mit der der Schweißbrenner einer räumlich angeordneten Naht mit Hilfe von Sensoren (↗ Positioniersensor, ↗ Abstandssensor) zur Nahterkennung und -verfolgung automatisch und toleranzausgleichend nachgeführt wird.

NC [engl.]: Abk. für *numerical control*. ↗ numerische Steuerung.

NC-Code, NC-Sprache: symbolische, einfache, problemorientierte Darstellung, die zur Erstellung von Arbeitsprogrammen (↗ Anwendersystem) bei numerischen Steuerungen benutzt wird. Als Symbole werden Ziffern, Großbuchstaben und Sonderzeichen (etwa 50 aus dem Zeichenvorrat des ↗ ISO-7-bit-Kodes) verwendet. Für N. von IR-Steuerungen gelten – gegenüber N. von z. B. Werkzeugmaschinensteuerungen – einige besondere Bedingungen, die insbesondere aus den Forderungen der ↗ Prozeßkommunikation resultieren. Vgl. Handhabeprogramm.

NC-Greifer: Fingergreifer, dessen Finger numerisch verstellt werden können. Der Greifer verfügt dazu über ein Verstellgetriebe mit Schrittmotorantrieb oder Motor mit Meßsystem gekoppelt und ein Spanngetriebe, mit dem die Greifkraft übertragen wird. Der N. kann nacheinander geometrisch unterschiedliche Werkstücke ohne Greiferwechsel greifen, was z. B. bei Mehrmaschinenbeschickung wichtig sein kann.

NC-Ladesystem: Handhabeeinrichtung, die allein zum Ein- und Ausgeben von Werkstücken vorzugsweise an Werkzeugmaschinen eingesetzt wird und mit ↗ numerischer Steuerung arbeitet.

NCM: numerisch gesteuerte Maschine. Vgl. numerische Steuerung.

NC-Roboter: IR mit numerischer Steuerung.

NC-Rundtisch: stufenlos drehbarer Tisch mit eingebautem Winkelmeßsystem, der z. B. über Gleichstrommotor und Schneckengetriebe angetrieben und numerisch gesteuert wird. Er wird an Roboterarbeitsplätzen als periphere Einrichtung für die Aufnahme von Schweißteilen, mitunter auch für Montagebasisteile, verwendet.

NC-Sprache ↗ NC-Kode.

NC-Technik: Gesamtheit der Methoden, Verfahren, Programme sowie Einrichtungen und Geräte, die zur numerischen, rechnergestützten Führung von Maschinen und Prozessen erforderlich ist. Vgl. numerische Steuerung, Programmiergerät, Programmiersprache.

Nebenachse ↗ Achsenbezeichnung.

Nebenformelement ↗ Formelement.

Neigen ↗ Greiferachse.

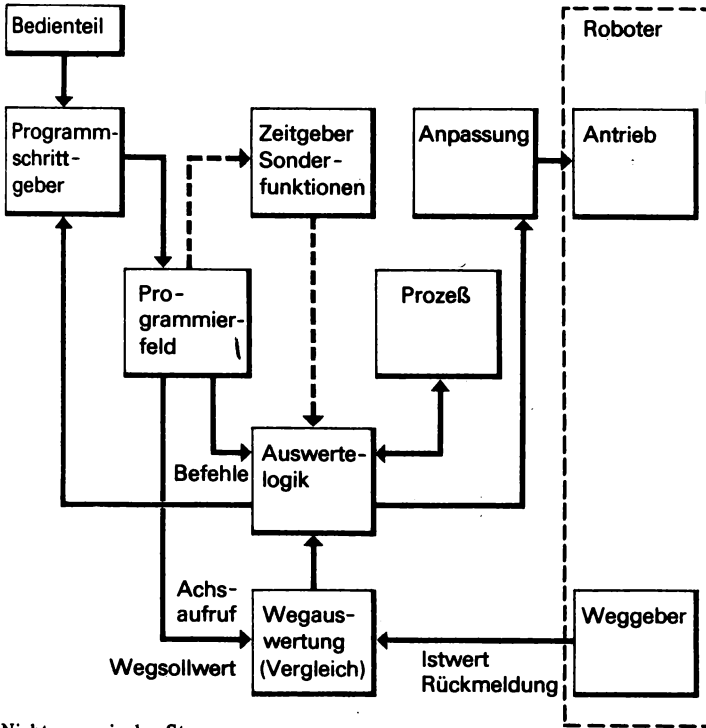
Nenntragfähigkeit ↗ Tragfähigkeit.

Nestbearbeitung, Nestfertigung: gegenstandsspezialisierter Fertigungsabschnitt, in dem verschiedenartige Maschinen bzw. Arbeitsplätze zur Herstellung bestimmter Einzelteile, Baugruppen oder Fertigerzeugnisse räumlich und organisatorisch in einem „Nest“ zusammengefaßt sind.

Nestfertigung ↗ Nestbearbeitung.

Netzausfall: Ausfall der Elektroenergieversorgung für z. B. eine IR-Ausrüstung. Ausfall der Netzspannung und Ansprechen von Überlast- bzw. Kurzschlußschutzorganen in der Versorgungsanlage bzw. der Einspeisung sind wirkungsgleich auf die IR-Ausrüstung. Bei N. sind für IR und den technologischen Prozeß selbsttätig Zustände wie bei Not-Aus sicherzustellen. Besondere Bedeutung hat die Stromversorgung, soweit sie für die Aufrechterhaltung von Not-Aus-Funktionen sowie von gespeicherten Informationen notwendig ist. Letztere erfordert i. allg. eine Batteriestützung. Im Extremfall müssen bestimmte Not-Aus-Funktionen von einer zweiten, vom Versorgungsnetz unabhängigen Energiequelle, z. B. einer Batterie, gespeist werden.

nichtnumerische Steuerung, NNC: Steuerung, für die die wesentlichsten Merkmale einer ↗ numerischen Steuerung, Verarbeitung von numerisch oder alphanumerisch kodierten Eingangsinformationen, nicht zutreffen. Die Informationsdarstellung erfolgt durch analoge oder diskrete Signale, deren Parameter i. allg. Befehlscharakter tragen. Bedeutung und Wirkung dieser Signale sind i. allg. mit dem konkreten inneren Schaltungsaufbau bzw. Steuerprogramm festgelegt.



Nichtnumerische Steuerung

N. S. für IR sind insbesondere für einfache Beschickungs- und Montageaufgaben weit verbreitet und z. T. programmierbare Steuerungen bzw. aus solchen aufgebaut. Vgl. Steuerung, programmierbare. Abb.

Nicken ↗ Greiferachse.

NNC: nichtnumerische Steuerung. Vgl. Punktsteuerung, nichtnumerische.

NNCM: nichtnumerisch gesteuerte Maschine.

Nocken: einstellbares mechanisches Bauelement, das beim Überfahren eines Signalgliedes dieses betätigt. Es wird auch *N.steuerung* genannt.

Nockenpositionierung: Positionierung einer Bewegungsachse eines IR mit Hilfe mechanischer Bauelemente, den Nocken, die beim Überfahren eines Signalgliedes dieses betätigen.

Nockentrommel: Teil einer Nockensteuerung (↗ nichtnumerische Steuerung), der in kreisförmiger Anordnung auf einer Trommelfläche meist einstellbare Nocken enthält.

Not-Aus: Komplex von Maßnahmen, der im Gefahren- bzw. Störfall den für Mensch und Maschine gefahrlosen Zustand, d. h. insbesondere die

Gewährleistung der diesbezüglichen Forderungen des Gesundheits-, Arbeits- und Brandschutzes für den IR und den technologischen Prozeß, sicherstellen muß. Dazu gehören mindestens die momentane, zumindest aber gefahrlose Stillsetzung der Bewegungsorgane des IR und des technologischen Prozesses (*Not-Stopp*) und die Sicherung gegen unbeabsichtigtes Wiedereingangssetzen solcher Bewegungen.

N. kann ausgelöst werden durch Bedienhandlungen (besondere Nottaster) oder selbsttätig, z. B. durch Ansprechen einer Überwachung (Notschleife). Die hiermit verbundenen Reaktionen müssen auf das Verhalten von Stellgliedern, Antrieben u. a. für den N.-Zustand abgestimmt sein. Die Steuerungsspannungen werden ausgeschaltet (*Steuerspannung-Aus*); Stromversorgungen, die für die Aufrechterhaltung von Funktionen notwendig sind, müssen eingeschaltet bleiben bzw. werden. Die Möglichkeit, daß N. auch von einem Netzausfall oder von einem Ausfall der Antriebsenergie herrühren kann, ist dabei besonders zu beachten (Ruhestromprinzip).

Nach Beseitigung der N.-Verursachung muß eine problem- und gefahrlose Wiederinbetriebnahme möglich sein, insbesondere dürfen dabei keine gefährbringenden Bewegungen am IR auftreten.

N. muß zu jedem beliebigen Zeitpunkt und unabhängig von aktuellen Bewegungszuständen, aktueller Betriebsart u. a. ausgelöst werden können und wirksam sein.

Notschleife: elektrischer Stromkreis, der zur Auslösung von ↗ Not-Aus dient. Er besteht aus einer Reihenschaltung von Öffnerkontakten, die von Tastern, Überwachungseinrichtungen u. a. betätigt werden, die Not-Aus auslösen können (↗ Ruhestromprinzip), sowie dem Auslöseschutz bzw. -relais. Zum Zweck der Verriegelung werden in die N. der IR-Steuerung auch entsprechende Kontakte der vom IR zu bedienenden Maschinen, peripheren Einrichtungen usw. einbezogen. Gleiches gilt für jede N. der Maschinensteuerung gegenüber der IR-Steuerung und den übrigen Maschinensteuerungen.

An die Ausführung von N. werden bestimmte schaltungstechnische und konstruktive Forderungen gestellt, die auf ein sicheres Funktionieren zielen.

Notstopp-Programm: Bestandteil des Betriebssystems einer IR-Steuerung, der bei Not-Aus das Erreichen und bzw. oder Aufrechterhalten des Not-Aus-Zustandes gewährleistet oder unterstützt.

Nullen ↗ Nullung.

Nullpunkt: gewählter Bezugspunkt (Eichpunkt, ↗ Referenzpunkt) in einem Meßsystem, z. B. Wegmeßsystem, auf den sich alle Werteangaben beziehen.

Nullpunktdrift ↗ Drift.

Nullpunktkonstanz: Unveränderlichkeit eines Nullpunkts nach dem Erreichen der Betriebstemperatur eines Gerätes, vorausgesetzt, die N. hängt nur von der Temperatur ab. Vgl. Positionsabweichung.

Nullpunkttransformation, Nullpunktverschiebung: Umrechnung von Koordinaten, z. B. eines gerätespezifischen Koordinatensystems, in ein Bezugskordinatensystem, wobei im Gegensatz zur Koordinatentransformation die

Koordinatensysteme gleichartig, i. allg. kartesisch sind. Die N. dient als ↗ Programmierhilfe, insbesondere um Bemaßungswerte von Werkstücken z. B. in das Handhabungsprogramm zu übernehmen, ohne vorher eine Umrechnung in den Koordinatennullpunkt des IR vornehmen zu müssen.

Nullpunktverschiebung ↗ Nullpunkttransformation.

Nullung, Nullen: Bedienhandlung, gegebenenfalls Betriebsart, die dazu dient, für Bewegungsachsen den Koordinatenwert „Null“ (Koordinatensprung) festzulegen. Es kann ein bestimmter Punkt, der auch ↗ Referenzpunkt genannt wird, innerhalb des Bewegungsraums festgelegt werden. Dabei wird der Bezugspunkt für die Bemaßung von Teilen bevorzugt, bezogen auf den Wert Null vom ↗ Wegmeßsystem der betreffenden Achse. Die entsprechenden Werte werden in der Steuerung verrechnet (Nullpunkttransformation), so daß die Programmierung der Arbeitsaufgabe entsprechend der Zeichnungsbemaßung erfolgen kann. Es kann auch eine wertmäßig eindeutige Zuordnung zwischen Achsposition und gemessenem Weg- bzw. Winkelwert bei Bewegungsachsen mit inkrementalem oder zyklisch-absolutem Meßverfahren hergestellt werden. Hierbei werden die Achsen in eine definierte Ausgangsstellung gefahren, in der ein Positionsgeber (N.sendschalter) den Vorgang des Nullens einleitet bzw. durchführt. Der Vorgang ist nach jedem Einschalten der Steuerung erforderlich. Die in der Meßwertaufbereitung bei der N. ablaufenden Funktionen sind abhängig vom Meßverfahren. Beim inkrementalen Verfahren bereitet das Signal aus dem Geber die N. vor, wodurch das nächste Eintreffen eines sogenannten Nullimpulses aus dem Wegmeßsystem – infolge des Bewegens der Achse von der Ausgangsstellung weg – den Istwertzähler auf den Wert Null setzt.

Beim zyklisch-absoluten Meßverfahren bewirkt das Signal aus dem Geber unmittelbar das Nullsetzen des Istwertzählers in den höheren Dezimalziffern.

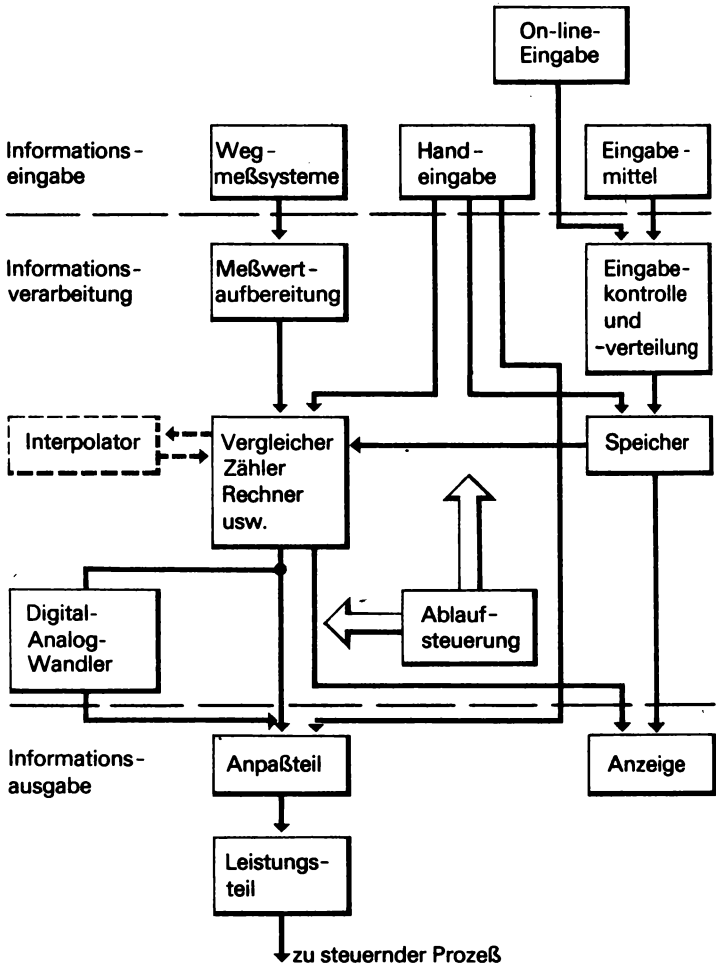
Nullungssendschalter: Bezeichnung für einen Positionsgeber, der bei der Nullung angefahren werden muß.

Numerik ↗ numerische Steuerung.

numerische Darstellung ↗ Kode, numerischer.

numerische Punktsteuerung ↗ Punktsteuerung, numerische.

numerische Steuerung, NC: Steuerung, die numerisch oder alphanumerisch kodierte Informationen verarbeitet (Kode). Die Steuerungsaufgabe, z. B. eine Handhabeaufgabe, wird bevorzugt in einem NC-Kode, evtl. auch in einer höheren Sprache, formuliert und in dieser Form in die Steuerung eingegeben. Häufiges, jedoch nicht unbedingt notwendiges Kennzeichen einer n. S. ist der Einsatz von Wegmeßsystemen an den zu steuernden Bewegungseinheiten, deren Informationen in numerischer Form in der Steuerung verarbeitet werden. Die innere Informationsverarbeitung erfolgt in einem Binärkode. Anspruchsvolle Handhabeprobleme erfordern grundsätzlich den Einsatz n. S.en. Gegenüber nichtnumerischen Steuerungen können der verarbeitbare Informationsumfang und der Steuerungskomfort erhöht werden, insbesondere gibt es keine prinzipielle Beschränkung hinsichtlich der Werte und der Zahl unterschiedlicher Sollpositionen einer Bewegungsachse in einem Handhabeprogramm, was z. B. anspruchsvolle Be-



Prinzipaufbau einer programmierbaren Steuerung

schickungsaufgaben, wie Stapeln und Palettieren, problemlos ermöglicht (freiprogrammierbare Achse). Bahnsteuerungen für IR sind grundsätzlich n. S.en. Abb.

Nutzeffekt, ökonomischer: Verhältnis des ökonomischen Nutzens zu den einmaligen Aufwendungen. Der ökonomische Nutzen ist umfassender als das Ergebnis und kann als Produktionssteigerung, Gewinnerhöhung, Kostensenkung, Materialeinsparung, Arbeitskräfteeinsparung u. a. auftreten.

Der einmalige Aufwand kommt geldmäßig in den benötigten finanziellen Mitteln für Wissenschaft, Technik, Lizenzen, Investitionen, Umlaufmittelzuführungen sowie in den Restbuchwerten für auszusondernde Grundmittel und Anlaufkosten zum Ausdruck. Vgl. Effektivität.

Nutzeffektberechnung: Ermittlung des ökonomischen Nutzeffekts, wobei beim Einsatz von IR in der industriellen Praxis i. allg. folgende Kennziffern bei der Feststellung des betrieblichen ökonomischen Nutzens zu berücksichtigen sind: Produktionszuwachs, Gewinnzuwachs aus Produktionssteigerung, Qualitätsverbesserung, absolute und relative Selbstkostensenkung. Darüber hinaus sind für den Robotereinsatz insbesondere noch der ökonomische Nutzen aus Arbeitszeiteinsparungen und der ökonomische Nutzeffekt zu berechnen. Dazu gehören die Arbeitszeit- und Arbeitsplatzeinsparung, die Arbeitskräftefreisetzung, die Produktions-, Export- und Produktivitätswirksamkeit sowie die Rückflußdauer. Vgl. Effektivität.

Nutzfläche: die durch einen IR in Anspruch genommene Fläche, die die projizierte Fläche des $\nearrow$ Bewegungsraumes, die Stand-, Bedien-, Montage-, Wartungs- und Sicherheitsfläche einschließt.

O

Oberflächensensor, Rauheitssensor: Sensor zur Gewinnung von Informationen über die Oberflächenbeschaffenheit (Mikrogeometrie) von Objekten, z. B. durch optoelektronische Abtastung fein- und feinstgeschliffener Flächen. O.en werden für die Inprozeßmessung in automatisierten Fertigungseinheiten verwendet.

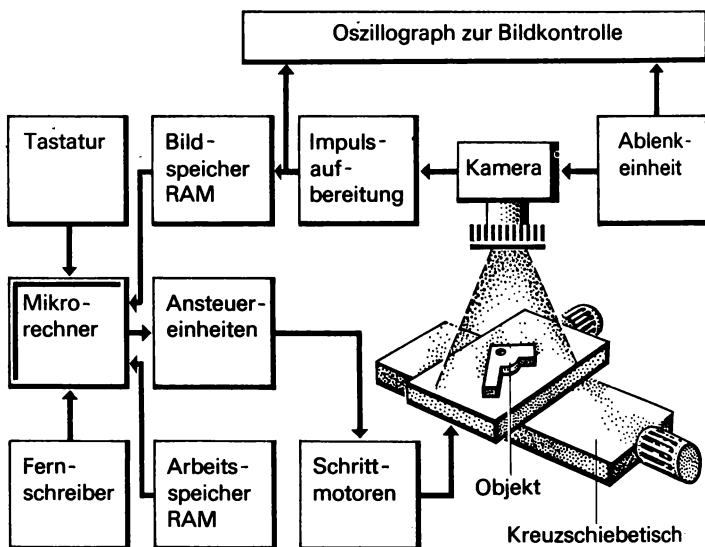
Objekt $\nearrow$ Handhabeobjekt.

Objektberührung: Paaren von HHO und Greifer, um Haltekräfte wirksam zu machen. Dabei soll ein ungewolltes Lösen oder relatives Verschieben der gepaarten Elemente verhindert werden, ohne dabei Beschädigungen des Objekts zu verursachen.

Objekterkennung: Zuordnen eines Objekts innerhalb einer endlichen Anzahl vereinbarter Fälle (Klassen), z. B. zur Unterscheidung eines Objekts von anderen Objekten und seiner Umgebung mit Hilfe von O.seinrichtungen. Vgl. Erkennungssystem, Korrelator, Mustererkennung, Szenenanalyse.

Objekterkennungseinrichtung: technische Einrichtung zur Realisierung einer Objekterkennung. Die zu vereinbarenden Fälle können z. B. Eigenschaften von HHO wie Identität, Form, Farbe, Lage betreffen. Wichtige Funktionsbereiche einer O. sind Objektsignalgewinnung mittels Sensorik, Signalvorverarbeitung, Signalanalyse, z. B. zur Merkmalsextraktion, und Merkmalszuordnung zu den vereinbarten Klassen. Vgl. Erkennungssystem, Mustererkennung. Abb. S. 236.

Objekterkennungssystem: in der IR-Technik gebräuchliche Bezeichnung



Aufbau einer optischen Objekterkennungseinrichtung

für ↗ Erkennungssysteme (Gesamtheit der Hard- und Software) zum Erkennen der Identität von Werkstücken oder Werkzeugen. Die Komponenten bestehen bei einem visuellen O. aus einer speziellen Hardware zur Bild-erfassung und Bildvorverarbeitung (Objekterkennungseinrichtung), einer bestimmten Software für die Bildauswertung sowie weitgehend standardisierten Schnittstellen für den Anschluß anderer Funktionseinheiten. Der Hauptanteil eines O. wird von der Software gebildet. Dazu gehört die Betriebssoftware zur Steuerung der Kamera, der Spezialprozessoren für die Bildvorverarbeitung und der Peripherie.

Objektfreiheitsgrad: Anzahl der Beweglichkeiten eines Objekts im Raum. Ein einzelner, ungebundener Körper hat im Raum einen O. von 6, im kartesischen Koordinatensystem beschrieben durch 3 Translationen in Richtung der Achsen und 3 Rotationen um diese Achsen.

Objektkoordinatensystem ↗ Koordinatensystem, körpereigenes.

Objektkode ↗ Objektprogramm.

Objektprogramm, Objektkode: in der Rechentechnik verwendete Bezeichnung für ein Maschinenprogramm, das aus einem ↗ Quellprogramm durch Übersetzung generiert worden ist.

Objektsignal: am Prozeß bzw. am Prozeßelement (Objekt) gewonnenes Eingangssignal eines Sensors, dessen Informationsparameter bestimmte Objekteigenschaften abbildet.

Um standardisierte Hardware für die durch den Verarbeitungsalgorithmus vorgeschriebenen Prozeduren einsetzen zu können, sind die prinzipbedingt

möglichen Signalformen in einem Signalwandler auf ein für die IR-Technik geeignetes Einheitssignal (kodierte O.) abzubilden.

off line [engl.]: Form des Informationsaustauschs zwischen Einrichtungen (insbesondere in Verbindung mit Rechnern) ohne direkte Kopplung z. B. durch Übertragungsleitungen. Der Informationsaustausch erfolgt z. B. durch Bedienhandlungen des Menschen, häufig unter Verwendung von Datenträgern. Vgl. on line.

Off-line-Diagnose: Eingabe und Start eines Prüfprogramms auf z. B. Lochstreifen, Magnetbandkassetten oder Disketten in die Steuerung, um die wichtigsten Systemteile zu prüfen. Der Zweck dieser Diagnoseart ist die Fehlerlokalisierung, nachdem die Maschine außer Betrieb genommen worden ist.

Off-line-Programmierung ↗ Programmierung, externe.

Ölstrahlbunker: geschlossener, trichterförmiger Werkstückspeicher für Kleinteile, bei dem das Speichergut durch mehrere gerichtete Ölstoßdüsen aufgewirbelt wird und durch Schwerkraftwirkung sowie den zurückflutenden Ölstrom geordnet in ein Fallmagazin gelangt. Der Magazineinlauf ist i. allg. noch mit Ordnungselementen (Schikanen) ausgestattet. Es gibt auch Ö., bei denen der Druckölstrahl über den Ölbadspiegel hinausgeht und auf einen mit einem Trichter versehenen Abführkanal trifft. Mitgerissene Werkstücke werden auf diese Weise geordnet in den Abführkanal gebracht.

Omnigreifer [lat. omnis, alles]: in Großbritannien entwickelter Backengreifer, dessen 2 Backen aus dicht stehenden, einzeln längsbeweglichen, senkrechten Nadeln bestehen. Beim Aufsetzen der Backen von oben werden die Nadeln abhängig von der Form des HHO hochgedrückt. Sie passen sich damit der Objektform an. Erst dann erfolgt die Spannbewegung.

Es können im Innen- und Außengriff sehr unterschiedliche Formteile, selbst Kegel, angefaßt werden. Die Verschiebung der Nadeln liefert außerdem ein dreidimensionales Abbild des Objekts. Damit ist außerdem eine Teileerkennung möglich.

On-line-Programmierung ↗ Programmierung am Einsatzort.

on line [engl.]: Form des Informationsaustauschs zwischen Einrichtungen (insbesondere in Verbindung mit Rechnern) auf direktem Wege mittels z. B. Übertragungsleitungen, d. h. ohne Mitwirkung des Menschen als Zwischenglied. Vgl. off line.

On-line-Diagnose: kontinuierliche oder zyklische Überprüfung der Maschinen- und Steuerungsfunktionen während des Betriebs einer Einrichtung. So können z. B. Nachlauffehler, Druckabfall in der Hydraulik und Übertemperatur eines Antriebsmotors, eine Rechnerpanne erkannt werden. Der Zweck dieser Diagnoseart ist die Fehlermeldung.

Open-loop-Betrieb [engl.]: Art des Zusammenwirkens von technologischem Prozeß und Prozeßrechner, bei der der Ausgang des Rechners nicht mit dem Prozeß gerätetechnisch gekoppelt ist. Vgl. Closed-loop-Betrieb.

Operand: Gegenstand einer Anweisung oder eines Befehls. In einem Handhabeprogramm kann das z. B. ein aktueller Zählerstand, ein Sollwert, ein Signalein- oder -ausgang, eine Zielbezeichnung (Marke) für einen Sprung-

befehl, eine Zeitstufe sein. O.en werden im Handhabeprogramm durch Variable oder durch Hilfsbefehle ausgedrückt oder direkt programmiert.

Operateur, Operator: Mensch, der ein automatisches System zielgerichtet beeinflusst und in seiner Arbeitsweise überwacht. In der IR-Technik werden Personen, die ↗ Master-Slave-Manipulatoren bedienen oder IR durch „Vormachen“ programmieren, ebenfalls O. genannt.

Optoelektronik: Bereich der Elektronik, der sich mit solchen Bauelementen befaßt, die elektromagnetische Strahlung des optischen Bereichs in meßbare elektrische Größen, wie Strom-, Spannungs- und Widerstandsänderung, mit nutzbaren Werten umwandeln und umgekehrt. Die O. dient der Signalübertragung, der Informationsgewinnung und der Anzeige von Signalen. Sie hat große Bedeutung für die Entwicklung von optischen Sensoren.

Optokoppler: Kombination von optoelektronischem Signalsender und -empfänger, wobei eine vollständige galvanische Trennung der angeschlossenen Geräte gewährleistet ist. Ihr Einsatz vereinfacht z. B. Erdungsprobleme, da keine Erdschleifen auftreten können.

Ordnen: Handhabeoperation, die dazu dient, HHO aus einer beliebigen in eine bestimmte Lage und bzw. oder Richtung zu überführen. Dabei werden solche Objekte ausgewählt, die zufällig in der gewünschten Lage und bzw. oder Richtung vorliegen oder auch durch zwangsweises Gleichrichten aller Teile.

Zur Lageveränderung eines Objekts im Raum sind i. allg. 6 voneinander unabhängige Bewegungsfreiheiten erforderlich, von denen 3 für die Positionierung und 3 für die Orientierung desselben verwendet werden. Während die Bewegungen für die Orientierung unbedingt rotatorische sein müssen, können die für die Positionierung auch translatorische sein.

Das O. kann mechanisch oder mit Hilfe von Erkennungseinrichtungen, die mit Sensoren bestückt sind, gesteuert erfolgen, wobei der Sensor z. B. in ein Ordnungs- oder Handhabesystem integriert sein kann. Eine einmal erreichte Ordnung von HHO soll möglichst im Fertigungsprozeß erhalten bleiben. Vgl. Objekterkennung, Ordnungseinrichtung, Ordnungswahrscheinlichkeit, Unordnungsgrad.

Ordnungsaufwand: relatives Maß für den Aufwand, der getrieben werden muß, um Werkstücke in Ordnungseinrichtungen in eine bestimmte Lage und Richtung zu bringen. Der O. hängt ausschließlich von der gegebenen Anfangs- und geforderten Endlage eines Objekts ab sowie von den durch Symmetrieachsen beschriebenen geometrischen Eigenschaften desselben. Der O. kann Werte von 0 bis 8 annehmen. Im Interesse des Einsatzes einfacher und weniger Ordnungseinrichtungen sind geringe Werte für den O. anstrebenswert. Sie sind erreichbar durch entsprechende konstruktive Gestaltung der Stückgutteile mit Kleinhaltung der Werte für allgemeine und gerichtete Objektachsen sowie durch Realisierung geringer Unterschiede zwischen Anfangs- und Endlage, besonders durch Aufrechterhaltung bereits erreichter Ordnungszustände. Vgl. Ordnungsgrad, Unordnungsgrad.

Ordnungseinrichtung: Einrichtung zum automatischen Ordnen von HHO. Sie kann Bestandteil der Peripherie eines IR sein und hat die Werkstücke

in einen solchen Zustand zu bringen, daß dieser i. allg. ohne Sensoren und im 'Punktzugriff' anfassen kann. Einfache mechanische Ordnungsprinzipie, wie sie beim Zellenrad-, Magnetrotor- und Schöpfungsbunker oder auch beim Vibrator realisiert werden, sind noch immer kostengünstiger als der hochsensorierte 'Griff' in die Kiste durch einen Roboter. Allerdings weisen diese O.en nur eine beschränkte Flexibilität auf, so daß sich oft Kombinationen mit optischen Erkennungseinrichtungen als vorteilhafter erweisen.

Ordnungsgrad: Kennwert zwischen 0 und 1 zur Charakterisierung des Handhabeaufwandes zur Herstellung einer gewünschten Objektlage aus einer beliebigen Objektlage. Der O. ergibt sich wie folgt:

$$\text{Ordnungsgrad} = \frac{\text{Anzahl möglicher Lagen} - \text{Anzahl gewünschter Lagen}}{\text{Anzahl möglicher Lagen}} \cdot \frac{p_i}{100}$$

(p_i = Ordnungswahrscheinlichkeit).

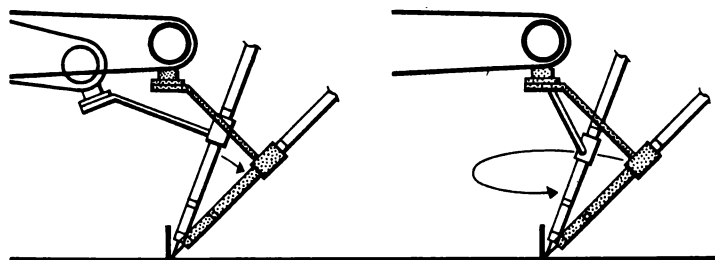
Der O. ist eine nur grobe Angabe, da nicht alle Einflußfaktoren, die auf die Bewegung von Objekten wirken, berücksichtigt werden.

Ordnungsschwierigkeit: durch die Werkstückgestalt gegebene Konstante, die sich aus der Anzahl der max. notwendigen Winkeldrehungen zuzüglich der Anzahl der gegenüberliegenden ungleichen Seiten ergibt. Vgl. Unordnungsgrad.

Ordnungswahrscheinlichkeit: Wahrscheinlichkeit dafür, wieviel HHO aus einer Gesamtmenge nach dem Durchlauf durch eine 'Ordnungseinrichtung, die zufallsabhängige freie Bewegungen der Objekte zuläßt, in gewünschter definierter Lage und bzw. oder Richtung vorliegen.

Ordnungszustand: quantitative Angabe über die Bestimmtheit der räumlichen Anordnung eines Körpers. Der O. ist der Quotient aus Orientierungs- und Positionierungsgrad.

Orientierung: Ausrichtung der körpereigenen Achsen, z. B. des Arbeitsorgans eines IR, zu einem Bezugssystem, das i. allg. ein kartesisches Koordinatensystem ist. Demgegenüber gibt ein Positionswert die räumliche Lage eines bestimmten Punktes eines Körpers in einem Grundkoordinatensystem an. Vgl. Frame. Abb.



Handgelenkneigen

Handgelenkschwenken

Orientierung: Orientieren durch Handgelenkneigen oder -schwenken

Orientierungsbestimmung: Ermittlung der Orientierung eines Objekts durch Feststellung der Verdrehung um z. B. die z-Achse des Objekts, ausgehend von z. B. den x-, y-Koordinaten des Schwerpunkts.

Orientierungsgrad: quantitative Angabe über die Bestimmtheit der Orientierung eines Körpers. Der O. ergibt sich aus der Anzahl rotatorischer Bewegungsachsen (0, 1, 2 oder 3), in denen die Orientierung bestimmt ist. Vgl. Positionierungsgrad.

Orientierungsinterpolation: Interpolation zur Erreichung der Orientierung des Arbeitsorgans im Raum. Sie erstreckt sich vorzugsweise auf die Steuerung der Greiferachsen.

Orthese: körpernahe technische Hilfe, die als funktionelle Unterstützung geminderter oder unzureichender menschlicher Funktion dient. Aktive O. sollen Menschen, die nicht über die motorischen Funktionen z. B. ihrer Beine verfügen, d. h. deren neurale Steuerung der Muskeln versagt, zu gewisser Bewegungsfähigkeit verhelfen. Vgl. Prothese.

Ovalspeicher: aktiver Werkstückspeicher, bei dem die häufig aus ↗ Werkstückträgern bestehenden Speicherplätze waagrecht umlaufen und von einer Kette oder einem anderen Zugmittel taktweise bewegt werden. O. können ein- oder mehretagig ausgelegt sein. Da die Werkstücke zu einem festen Abnahmepunkt gebracht werden, reicht bei einem einetägigen O. ein IR mit einem ↗ Punktzugriff aus.

Overrideschalter, Geschwindigkeitswahlschalter: ein auf der Bedientafel oder dem ↗ Tableau einer Steuerung angeordneter Schalter, mit dem der programmierte Geschwindigkeitssollwert in Stufen manuell verringert oder erhöht werden kann.

P

Palette: Ladeplatte mit oder ohne Aufbau, auf der HHO zu Ladeeinheiten zusammengefaßt und danach transportiert, umgeschlagen und gelagert werden können. P. werden vorzugsweise durch Flurförderzeuge mit Gabel als Lastträger befördert. Im Zusammenhang mit dem Einsatz automatischer Transportsysteme (↗ Flurförderzeug, fahrerloses) gewinnt künftig die Flach-P. am IR-Arbeitsplatz an Bedeutung.

Palettenbeladeeinrichtung: Einrichtung zum automatischen Palettieren von ungeordnetem Arbeitsgut. Zur P. gehört ein Manipulator, der die von einer Ordnungseinrichtung aus dem gebunkerten in den gewünschten geordneten Zustand gebrachten Teile aufnimmt und entsprechend eines vorgegebenen Flächenstapelprogramms auf einer Flachpalette ablegt. Vgl. Kommissionierung.

Palettenbeladeplan: Vorschrift zum Belegen von Paletten mit HHO. Bewegungsabläufe beim Beschicken von Maschinen aus ↗ Paletten unterscheiden sich nur durch unterschiedliche Aufnahme- und gegebenenfalls auch

Ablagepositionen. Ihre Programmierung kann durch die Anwendung von Musterfunktionen weitgehend vereinfacht werden. Der P. enthält die zur Erstellung der Steuerdatenprogramme erforderlichen Daten und Parameter, wie Anzahl der Stapel je Palette, Anzahl der Objekte je Stapel, Liste mit Verweisadressen auf die Stapelpositionen, Liste der Aufnahmehöhen für das Aufnehmen der Objekte, Liste der Ablagehöhen für das Ablegen der Objekte und der Liste mit den Koordinaten der Stapelpositionen. Wechseln die Werkstückformen sehr häufig, so empfiehlt sich, P. und Steuerdaten für den IR mit Rechnerunterstützung zu erstellen. Der Belader benötigt zum Positionieren der Lagesicherungselemente auf der Palette Angaben über Abstände und Anordnung. Für die Steuerung des IR müssen für den Greifvorgang die Koordinaten der Werkstückmittelpunkte, Greifdurchmesser und -höhen berechnet werden. Der Bediener kann beides im Dialog mit einem entsprechenden Programmsystem ohne zeitliche Verzögerung rechnergestützt ermitteln. Vgl. Generieren, Palettierung.

Palettenkodierung: automatisch lesbare Kennzeichnung des Inhalts einer Palette, die in automatisierten Systemen umläuft, oder einer laufenden Palettennummer. Die Information wird der Palette z. B. in Form eines einstellbaren Stiftspeichers (*Nocken*), aufgeklebter Kodestreifen (*Strichkode*) o. a. technischer Mittel mitgegeben. Die Erkennung einer Palette erfolgt durch Lesen der P.

Palettenpool: Umlaufspeicher für Werkstücke ähnlich einem Ovalspeicher, bei dem die Werkstücke i. allg. aber auf Systempaletten (Werkstückträger) der Bearbeitungsstelle automatisch zugeführt werden.

Palettenregal: Werkstückspeicher in der Bauform eines Regals, bei dem sich auf Paletten befindliches Arbeitsgut in einfacher oder doppelter Reihe raumsparend einlagern läßt. Bei Anwendung von IR in der Struktur DSS kann das P. auch als Rundregal ausgeführt werden.

Palettenstellplatz: Bodenfläche innerhalb eines Produktions- oder Lagerbereiches, die für die Unterbringung einer Palette bzw. einem damit gebildeten Stapel vorgesehen ist. Die Flächenmaße für einen P. betragen für eine Standardpalette 900 mm × 1300 mm.

Palettentakteinrichtung: periphere Einrichtung, mit der Flachpaletten zeilenweise automatisch getaktet werden können, so daß ↗ Flächenstapelprogramme auch in Verbindung mit einfachen Einlegeeinrichtungen realisierbar sind. Als Taktmechanismen können Schaltwalzen, Nockenbahnen, spindelgetriebene Schiebetische u. a. angewendet werden.

Palettentaktstation: spezielle periphere Einrichtung eines IR-Arbeitsplatzes, die dazu dient, eine Palette taktweise vertikal und horizontal nach einem Programm so zu verstellen, daß sämtliche Werkstücke nacheinander in den Arbeitsraum des Greifers eines Manipulators, i. allg. ↗ Portalmanipulator, fallen. Der Manipulator beschickt dann eine Werkzeugmaschine mit Rohlingen und führt bearbeitete Teile in die Palette zurück.

Palettentransportsystem: Transportsystem, mit dem vorzugsweise System- oder Flachpaletten innerhalb von Fertigungssystemen, aber auch an den Schnittstellen zum Transportprozeß, automatisch bewegt werden können.

Palettenwechselzeit: Zeit zwischen dem Beginn des Wegführens einer aus-

zuwechselnden Palette aus einer repräsentativen Position und dem Ende des Heranführens der folgenden Palette in dieselbe Position.

Palettenwechsler: Werkstückflußeinrichtung, die vorwiegend an Bearbeitungszentren eingesetzt wird, um Systempaletten (Schiebepaletten), die mit einem oder auch mehreren aufgespannten Werkstücken bestückt sein können, von einem Bereitstellplatz zum Maschinentisch zu bringen bzw. umkehrt. Der P. kann auch als zweiarmlige Einrichtung ausgebildet sein und wird dann als Doppelarm-P. bezeichnet.

Palettiermaschine: Einrichtung, mit der mehrere Güter, Packungen oder Verpackungseinheiten zu einer Ladeeinheit zusammengefaßt werden können. IR, die in der Lage sind, Raumstapelprogramme abzuarbeiten, lassen sich auch als P. einsetzen.

Palettierroboter: Ständer- oder Portalroboter, der HHO von festen Stellen oder bewegten Bändern entnimmt und nach vorgegebenen Ablagemustern auf bereitgestellten Flachpaletten ablegt.

Palettierung: Bezeichnung für das flächige oder räumliche Ablegen von HHO auf rechteckigen oder kreisförmigen ebenen Speicherflächen in bestimmten Ablagemustern. Der dafür erforderliche Bewegungsablauf ergibt so zahlreiche Informationen, daß eine elektromechanische Steuerung nicht mehr geeignet ist. Um haltbare Stapel zu bekommen, kann das Ablagemuster sogar innerhalb einer Schicht und von Schicht zu Schicht variiert werden. Vgl. Palettenbeladeplan. Abb.

Paneel ↗ Teach-in-Tableau.

Pantograf: Geradführungsgetriebe, das auch als Führungsgetriebe für einen IR oder Lastarmmanipulator verwendet werden kann. Der siebengliedrige ebene P. gibt die Möglichkeit, mit einem Greiferpunkt eine exakte Gerade in der Arbeitsfläche zu beschreiben, die parallel zu der durch die Antriebsgeraden gebildeten Fläche liegt.

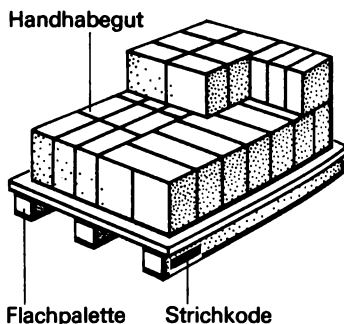
PAP: Abk. für *Programmablaufplan*.

Parabelinterpolation ↗ Interpolation.

Parallelbackengreifer: Greifer, dessen beide Greiferbacken sich parallel

1	2	5	6	7
3	4			
		12	13	14
8	9			
10	11	17	18	19
15	16	22	23	24
20	21			
25	26	27	28	29

Ablageordnung



Flachpalette

Strichcode

Palettierung: Beispiel für eine Ablageordnung beim Palettieren

oder annähernd parallel auf das HHO zubewegen. Vgl. Schraubstockgreifer.

Paralleldoppelgreifer: Doppelgreifer, dessen beide Backen eine geradlinig schiebende Schließbewegung ausführen.

Parallelführungsgetriebe: Koppelgetriebe mit gegenüberliegenden gleichlangen Hebeln. P. dienen zur gleichmäßigen Übertragung von Drehbewegungen z. B. in mehreren Stufen von einem zentralen Antrieb eines IR zu den Dreh- und Neigegelenken der Greiferhand desselben.

Parallelkurbel: Koppelgetriebe, bestehend aus 2 gleichlangen Kurbeln, die mit dem Gestell und der gleichlangen Koppel ein Parallelogramm bilden. Die Bewegungsübertragung von einer zur anderen Kurbel erfolgt mit der Übersetzung 1. Die P. dient beim Drehgelenkroboter häufig dazu, Drehbewegungen von einem gestellnahen Antrieb zum Handgelenk weiterzuleiten, um dort Dreh- und Schwenkbewegungen zu erzeugen, unabhängig von den Bewegungen der anderen Armglieder. Längenfehler bei der Herstellung und beim Einbau der P. wirken sich nachteilig auf die Bewegbarkeit des Getriebes aus.

Parallelkurbelgetriebe ↗ Parallelkurbel.

Parallelmanipulator ↗ Master-Slave-Manipulator.

Parallelzangengreifer: Greifer, bei dem sich die Greiferbacken parallel schließen. Wird als Antrieb z. B. ein Kniehebelgetriebe verwendet, dann ergeben sich für den P. folgende Vorteile: hohe Kraftverstärkung, keine Mittelpunktverlagerung bei variablem Greifdurchmesser, geringer Energiebedarf und einfache Wartung, Eignung für Innen- und Außengriff. Nachteilig sind das große Bauvolumen, die hohe Eigenmasse sowie daß keine Greifbereichsvoreinstellung und Greifkrasteinstellung möglich sind. Vgl. Schraubstockgreifer.

Paritätsprüfung: Methode zur Sicherung bzw. Kontrolle des Datenerhalts bei binärkodierten Informationen. Zum kodierten Informationsinhalt wird durch ein sogenanntes Paritätsbit die Bitsumme i. allg. auf eine geradzahlige Bitzahl ergänzt. Damit ist Kontrollfähigkeit gegenüber einem Falschbit, welches zu einer ungeradzahligen Bitanzahl führen würde, gegeben. Beim ISO-7-Bit-Kode wird ein achttes Bit als Zusatzbit zur P. ergänzt.

PASCAL [engl., Abk. für *primary algorithmic scientific commercial application language*]: höhere Programmiersprache, die besonders für Mikroprozessorsysteme wichtig ist und seit 1970 verbreitet ist. Sie wurde 1968 bis 1973 von Wirth (Zürich) entworfen. PASCAL bietet klare, leicht handhabbare Ausdrucksmittel zur vielfältigen Strukturierung von Daten und zur Kodierung von Algorithmen an. So sind z. B. höhere Sprachen für Sensorsysteme zur Programmierung des sensorgeführten Prozeßablaufs mit IR und flexiblen Fertigungszellen an PASCAL orientiert.

Paternosterspeicher: Werkstückspeicher mit vertikal umlaufenden Regalfächern, die durch umlaufende Kettenzüge miteinander verbunden sind.

Patientensimulator: passive, maßgetreue Nachbildung des Menschen zum Zwecke des Übens und Lehrens von Handlungen im Bereich der Medizin, z. B. Zahnheilkunde, Krankenhelferausbildung. Eine besondere Form solcher Puppen sind die „Dummies“, die in der Fahrzeugindustrie anstelle des

Menschen bei Aufprallunfällen als Testperson dienen. P.en haben nichts mit Robotern zu tun.

PC [engl.]: Abk. für *programmable control*. ↗ Steuerung, programmierbare.

PC-Programm, Maschinenprogramm: Programm, das für die Anpassung eines IR an einen konkreten technologischen Einsatzfall einmalig erstellt und von der programmierbaren Maschinensteuerung verarbeitet wird. Vgl. Ablaufprogramm, Anpaßsteuerung, Bewegungsprogramm.

PEARL [engl., Abk. für *process and experiment automation realtime language*]: Programmiersprache für die Automatisierung von technischen Prozessen und wissenschaftlichen Experimenten. Die Abstraktionsebene und das Vokabular wurden so gewählt, daß die ingenieurmäßige Darstellung des Systementwurfs und der Systemdefinition von Prozeßautomatisierungssystemen möglichst unmittelbar in ein Automatisierungsprogramm umgesetzt werden kann.

PEAS [Abk. für *Prozeß-Ein- und Ausgabesteuerung*]: Einrichtung, die vorzugsweise alle binären Informationen vom IR und vom Prozeß erfaßt und binäre Signale als Befehle an den IR und den Prozeß ausgibt. Analoge Signale bedürfen der Digitalisierung (↗ Analog-Digital-Wandler) bzw. der Wandlung durch einen Digital-Analog-Wandler. Die PEAS besteht aus Kartenbaugruppen (↗ Modul).

Der Ein- und Ausgabe liegen bestimmte Organisations- und Adressierungsformen zugrunde (z. B. kanalweise), welche auch für die Generierung von Variablen wichtig sind.

Die Eingabebaugruppen übernehmen die Signalpegelanpassung und die Unterdrückung von Störimpulsen, die Ausgabebaugruppen die Speicherung der Signalwerte sowie die Leistungsverstärkung. Die Kartenbaugruppen sind zum Zweck einer optimalen Anpassung an die Erfordernisse des technologischen Prozesses hinsichtlich Zahl und Art projektierbar. Zusammen mit den für den Betrieb der PEAS notwendigen Grundbaugruppen werden alle Kartenbaugruppen an einem ↗ Bus betrieben.

Pedipulator [lat. *pes, pedis*, Fuß, oder *pedes*, Füße]: ortsbewegliche Maschine mit Schreitvorrichtung. Mit ihr werden lokomotorische Funktionen von sich schreitend fortbewegenden Lebewesen technisch nachgebildet.

Pendelbewegung, Pendelfunktion: programmierbare Bewegung der Schweißpistole bei breiten Nähten von einer Nahtseite zur anderen nach einem geschlossenen Bewegungsmuster. Beginn- und Endpunkt der P. sind der Steuerung mitzuteilen. Die P. kann durch folgende Parameter spezifiziert werden: Anzahl der P. je Zentimeter Naht, Amplitude der Schwingung nach rechts und nach links in Zentimeter, prozentuale Verweilzeit auf der rechten und auf der linken Seite.

Pendeleinrichtung: Zusatzbaugruppe an einem Lichtbogenschweißroboter, die z. B. die beim Senkrechtschweißen dicker Bleche notwendige Pendelbewegung des Schweißbrenners ausführt. Um Programmkapazität zu sparen, wird diese Aufgabe oft nicht dem Führungsgetriebe des IR zugeordnet, sondern einer speziellen P.

Pendelfunktion ↗ Pendelbewegung.

Pendelschrittförderer: Weitergabereinrichtung für Stückgut, bei der ein Hubbalken die auf einem Tragbalken positionierten Werkstücke abhebt, mit der Horizontalbewegung in Förderrichtung weitergibt und mit der Abwärtsbewegung des Hubbalkens wieder absetzt. Vertikal- und Horizontalbewegungen sind meist überlagert.

Peripherie: Einrichtungen an IR-Arbeitsplätzen, die zur unmittelbaren Erfüllung einer Handhabeaufgabe durch einen IR notwendig sind und anwendungsspezifisch ausgewählt wurden. Dazu gehören Objektspeicher (Werkstücke, Greifer, Spannzeuge u. a.), externe Meß- und Prüfeinrichtungen, Werkstückzubringeeinrichtungen, sicherheitstechnische Einrichtungen sowie Lage- und Objekterkennungseinrichtungen, sofern sie nicht zum Führen eines IR-Armes dienen. In diesem Falle würden sie Bestandteil des Roboters sein. Typisch ist für die P., daß sie über Schnittstellen direkt mit dem Roboter stofflich, energetisch und informationell gekoppelt ist. Das Aufwandsverhältnis zwischen P. und Roboter liegt i. allg. im Bereich von 2:1 bis 1:2.

Peripheriesteuerung: Steuerung, die zur Synchronisation eines IR mit seiner technologischen Umgebung dient. Die technologische Peripherie setzt sich i. allg. aus mehreren örtlich und zeitlich differenzierten Teilprozessen zusammen, die durch die P. in ihrem Ablauf gesteuert werden, wobei eine zeitlich-logische Beziehung zu Bahn- und Greifersteuerung hergestellt werden muß.

Personalroboter, Home-Robot: auf Rollen fahrende oder schreitende, mit Greifarm und Mikrorechner ausgestattete autonome „Haushalthilfen“. Sie können über akustische und optische Sensoren verfügen, Entfernungen feststellen und programmierte Texte sprechen. Wegen der nicht robotergerecht gestalteten Umwelt sind sie vorläufig nur als Lehr- und Lernroboter von wirklichem Wert. Vgl. Haushaltroboter, Serviceroboter.

Perzeptor, Perzeptron: gestalterkennendes System, bei dem höher organisierte biologische Opto-Rezeptoren durch Fotoelemente nachgebildet, neurale Funktionen von künstlichen Nervenzellen simuliert und die Sehzentren durch eine spezielle Entscheidungs- und Bewertungseinheit nachgeahmt werden. Er ist somit ein einfaches Gehirnmodell zur Objekterkennung. Der P. wurde 1957 von F. Rosenblatt vorgeschlagen.

Perzeptor ↗ Perzeptron.

Petri-Netz: Mittel zur Darstellung und Diskussion informationeller Prozesse in Form eines speziellen, gerichteten Graphen, insbesondere wenn mehrere Systemkomponenten gleichzeitig aktiv sein können. Mit Hilfe von P. n lassen sich IR-Steuerungen entwickeln. Das Konzept wurde 1962 von C. A. Petr entwickelt.

Phantom ↗ Phantomroboter.

Phantomroboter, Phantom, Manipulatorarmsimulator: leichtgängiges, manuell gut handhabbares interaktives Hilfsgerät für die mittelbare direkte ↗ Teach-in-Programmierung von IR innerhalb oder außerhalb des Einsatzortes. Der P. ist maßlich genau dem richtigen Roboterarm nachgebildet und dient ausschließlich zur Aufnahme von ↗ Bewegungsprogrammen. Für die Verwendung von P. gibt es 2 Gründe; feinfühliges Führen ohne nennenswerte

körperliche Belastung des Bedieners und bessere zeitliche Auslastung der Fertigungseinrichtung, weil Stillstände wegen Aufnahme neuer Programme i. allg. nicht mehr notwendig sind.

Phasensteuerungsverfahren: Verfahren zur Weginformationsgewinnung aus dem Meßsignal beim ↗ Resolver und beim ↗ Inductosyn. Der die Weg- bzw. Winkelposition repräsentierende Rotorwinkel (z. B. Resolver) entspricht betragsmäßig der elektrischen Phasenverschiebung zwischen der Rotor- und einer Statorspannung. Die zugehörige Zeitdifferenz wird durch Impulse konstanter Frequenz ausgezählt. Die Impulszahl ist identisch mit der Istposition in Weg- oder Winkelinkrementen. Vgl. Wegauflösung.

phasenzyklisches Meßverfahren: Spezialfall des zyklisch-absoluten Meßverfahrens, bei dem der Absolutanteil des Istwerts durch einen Phasenwinkel, z. B. zwischen einer Stator- und der Rotorspannung beim ↗ Resolver, bestimmt ist. Vgl. Wegmeßsystem.

Pick-and-Place [engl.]: amerikanische Bezeichnung für fest programmierte Aufnehm- und Ablegeeinheiten, allgemein als Einlegeeinrichtung bezeichnet.

Piezosensor: Sensor, bei dem der Energieformwechsel im Sensorelement auf dem piezoelektrischen Effekt beruht. Bei einem piezoelektrischen Sensorelement werden beim Einwirken von Kräften auf einen Körper aus geeignetem Material an dessen Oberfläche positive und negative elektrische Ladungen erzeugt, deren Menge der mechanischen Beanspruchung proportional ist. Das nicht für statisch wirkende Kräfte geeignete Wirkprinzip wird sowohl bei taktilen als auch bei akustischen Strahlungssensoren, insbesondere bei Ultraschallsensoren, angewendet.

PIO, PIO-Schaltkreis [engl., Abk. für *parallel input output*]: programmierbarer Schaltkreis, der den parallelen (↗ Byte) Datenaustausch zwischen einem ↗ Mikroprozessor und seiner Peripherie, z. B. ↗ Ein-/Ausgabe-Baugruppen, ↗ Meßwertaufbereitung, ↗ Tableau, steuerungsinterne Bausteine (z. B. ↗ CTC), realisiert. PIO sind z. B. in Anschlußsteuerungen enthalten. Der PIO gehört zusammen mit dem Mikroprozessor, der CTC und weiteren Schaltkreistypen zu einem aufeinander abgestimmten, zur Lösung von Informationsverarbeitungsaufgaben universell einsetzbaren Schaltkreissystem. Die Anpassung an konkrete Einsatzbedingungen (Adressen, Ein-/Ausgabebedingungen, Auslösung von ↗ Interrupts) erfolgt durch die sogenannte Initialisierungsprogrammierung.

PIO-Schaltkreis ↗ PIO.

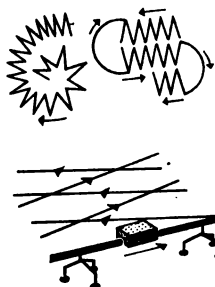
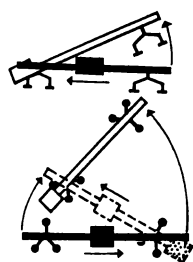
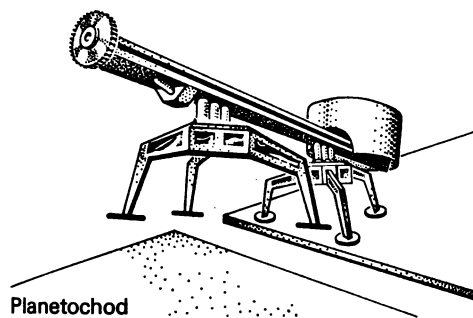
Pixel, Grauwertpixel [engl., *picture element*]: 1. Umsetzung der punktwisen Abtastung eines Meßflecks in eine zweidimensionale Zahlenfolge. Die Elemente der so entstehenden Zahlenfolge sind die P. Die Auflösung des menschlichen Auges erbringt ein aus 600×600 bis 1000×1000 Bildelementen bestehendes Blickfeld. – 2. Bezeichnung für das dem Bildelement zugeordnete einzelne Wandlerelement eines integrierten Zeilen- oder Matrix-Bildsensors.

PL/1 [engl., Abk. für *processing language*]: eine von IBM entwickelte Mehrzweckprogrammiersprache, die sowohl für technisch-wissenschaftliche als auch kommerzielle Probleme geeignet ist. Von ihr abgeleitet und für IR-

Programmierung geeignet ist die Programmiersprache $\nearrow$ AUTOPASS.

Planetengetriebe $\nearrow$ Umlaufrädergetriebe.

Planetochod [russ.]: allgemeine Bezeichnung für kosmische Apparate, die sich auf der Oberfläche anderer Himmelskörper hauptsächlich durch Schreiten fortbewegen können. Kosmische Radfahrzeuge werden i. allg. als *Planetomobile* bezeichnet. Abb.



Ablauf beim Umsetzen Schrittvarianten

Planetochod: *oben*
Planetochod, *unten*
Ablauf beim Schreiten

Plattinenzuführereinrichtung: in der Umformtechnik eine auf die Beschickung von Pressen mit Platinen bzw. Ronden spezialisierte Handhabeeinrichtung mit unveränderbarem Bewegungsablauf (Einlegeeinrichtung). Die P. und das erforderliche Magazin bilden i. allg. eine mit Eigen- oder Fremdantrieb (z. B. von der Presse abgeleitete Bewegung) versehene Baueinheit.

Plattenbandförderer: Bandförderer für Schütt- und heißes sowie scharfkantiges Stückgut mit mindestens 10 kg Masse. Die Bänder als Tragmittel bestehen aus Platten, die keine Querstege und keine Seitenwände besitzen.

Plattenmagazin: Werkstückspeicher für geordnetes Arbeitsgut, bei dem jedes Werkstück seinen eigenen Speicherplatz auf einer i. allg. waagrecht angeordneten Platte hat.

PLAW [engl., Abk. für *programming language for arc welding*]: Program-

miersprache für Lichtbogenschweißroboter, entwickelt von *Komatsu* (Japan).

Playback-Roboter: freiprogrammierbarer IR, dessen Programm, das er ständig wiederholt, durch eine Lernprogrammierung entstand.

Playback-Verfahren: Reproduktion eines Bewegungsablaufs durch einen IR (Arbeitsphase), dessen Programm i. allg. durch Bewegen eines Führungsgetriebes und Speichern aller Bewegungspunkte in einem ↗ Massenspeicher aufgenommen wurde (Programmierungsphase).

PLC [engl., Abk. für *programmable logic controller*] ↗ Steuerung, programmierbare.

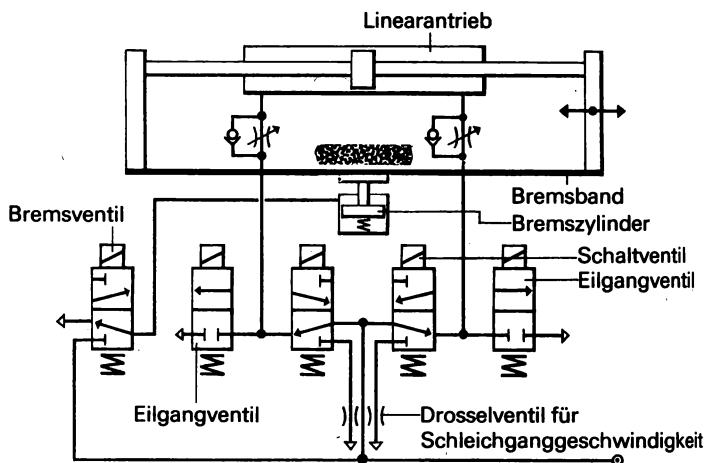
Plumbikon ↗ Bildsensor.

Plungerkolben: Bauweise eines Arbeitszylinders, bei dem Kolben und Kolbenstange eins sind und gleichen Durchmesser haben, weshalb nur eine Seite mit Druck beaufschlagt werden kann. Die Rückstellung muß über äußere Kräfte, z. B. Masse- oder Federkräfte, erfolgen. P. werden auch gegeneinander angeordnet und stellen dann einen Doppel-P. dar. Weitere Kennzeichen sind: einfacher Aufbau, Dichtung nur zwischen Kolbenstange und Zylinder notwendig, Innenbearbeitung des Zylinders entfällt gegenüber dem Scheibenkolbenzylinder.

PMC [engl., Abk. für *programmable machine control*] ↗ Maschinensteuerung, programmierbare.

Pneumatik: angewandte Mechanik der Gase, wobei vorwiegend Luft als Energie- oder Informationsträger verwendet wird.

Pneumatikantrieb: Verwendung druckluftbetriebener Bauelemente zum Aufbau von Antriebseinheiten für Handhabeeinrichtungen. Neben der Antriebsfunktion hat der P. oft noch Funktionen des Führens, Bremsens, Positionierens, der Positionsmeldung und des Steuerns zu erfüllen. Der Aufbau



Schaltbild eines Pneumatikantriebs

eines P. kann aus handelsüblichen Pneumatikgeräten erfolgen oder aber mit speziellen Geräten, z. B. mit integrierten untrennbaren Linear- und Schwenkantrieben. Abb.

Pneumatikfinger ↗ Finger, pneumatischer.

Pneumatiksteuerung ↗ Steuerung, pneumatische.

Pneumomanipulator: Manipulator, dessen sämtliche Bewegungsachsen pneumatisch angetrieben werden. Die Steuerung kann ebenfalls pneumatisch erfolgen, wird aber meist elektrisch bzw. elektronisch vorgenommen. Die Bewegungen sind i. allg. gegen einstellbare Festanschläge positionierbar und ihre Verfahrensgeschwindigkeit ist über Drosselventile einstellbar. Die Steuerungen für einen P. arbeiten meist nach dem Zeitplanprinzip.

Polarkoordinaten: spezielle Koordinaten in der Ebene. Ein Punkt wird durch einen Winkel φ beschrieben, um den der Zahlenstrahl im positiven mathematischen Drehsinn gedreht werden muß, bis er durch den Punkt P läuft, und den Abstand desselben von einem Anfangspunkt (Pol). Räumliche P. werden als Kugelkoordinaten bezeichnet.

Polygonspiegelsensor ↗ Drehspiegelsensor.

Polynominterpolation: Interpolation, bei der ein Polynom, z. B. als *Lagrangesches* oder als *Newtonsches Interpolationspolynom*, benutzt wird. Vgl. Interpolation, Spline-Interpolation.

Portalbalken, Traverse: Teil des Portals bei einem ↗ Portalindustrieroboter. Der P. trägt die Führungsschienen, auf denen der Schlitten (Portalwagen) des Roboters läuft, Antriebselemente, Teile des Wegmeßsystems, wie z. B. Maßstäbe eines Linearinductosyns (↗ Inductosyn) oder Positionierschienen für einstellbare Anschläge und Schaltnocken, Verkleidungen, Kabelführungen u. ä. Die Genauigkeit eines Portal-IR wird wesentlich vom gewählten Profil des P. beeinflusst, so daß für dessen Auslegung Berechnungen auf Durchbiegung und Verdrehung erforderlich sind. Geschlossene Kastenprofile erweisen sich wegen des günstigen Widerstandsmoments als vorteilhaft.

Portalgreifereinrichtung, Portallader: einfacher Portalmanipulator, der für das Beschicken von Fertigungseinrichtungen mit Werkstücken zugeschnitten ist. P.en sind schnell und erreichen z. B. Beschleunigungen um $2,5 \text{ ms}^{-2}$ bei 15 kg Tragfähigkeit. Abb. S. 250.

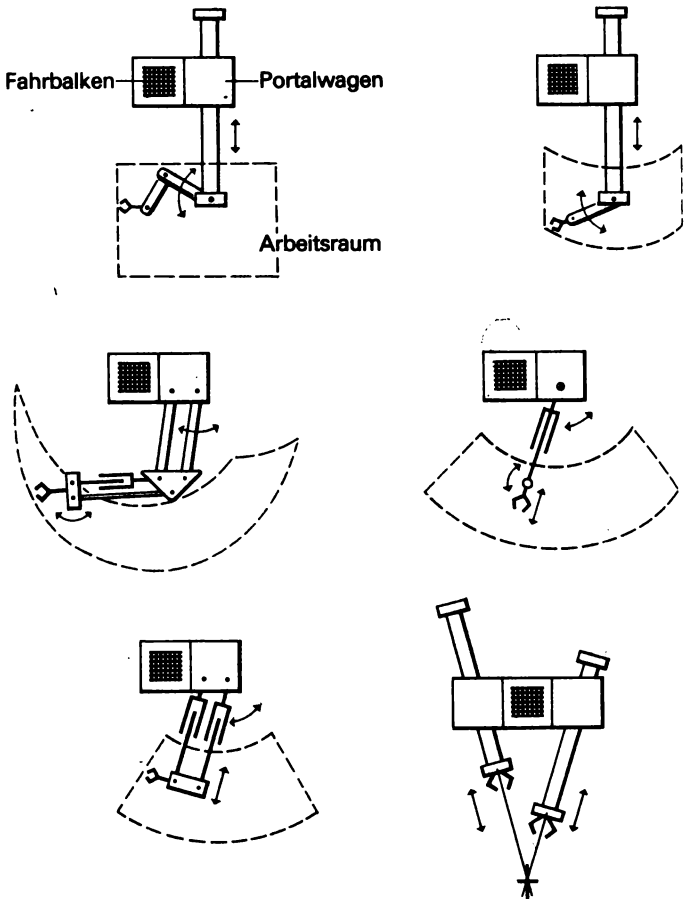
Portalindustrieroboter, Portalroboter: Roboter, dessen Führungsgetriebe an einem Träger oder Balken, der an seinen Enden unterstützt ist, angebracht ist und sich über dem Arbeitsraum, der verhältnismäßig groß und bodenfrei ist, bewegen kann. P. lassen große Bewegungen in Balkenrichtung zu und eignen sich gut für die Mehrmaschinenbedienung. Abb. S. 251, Tab. S. 252.

Portallader ↗ Portalgreifereinrichtung.

Portalmanipulator: Manipulator in Portalbauform (↗ Bauform), der bei einem einfachen Portal linienverfahrbar ist und vorzugsweise für Beschickungsvorgänge benutzt wird. In Verbindung mit Flächenportalen läßt sich ein sehr großer Arbeitsraum schaffen, so daß auch eine weiträumige Mehrmaschinenbedienung organisierbar ist.

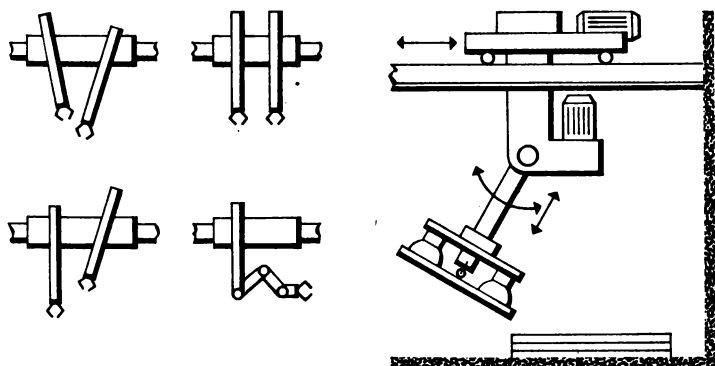
Portalroboter ↗ Portalindustrieroboter.

Portalwagen: auf einem Portalbalken laufender Schlitten, der die Folgeein-



Prinzipdarstellung günstiger Varianten von Führungsgetrieben für Portalgreifereinrichtungen

heit eines Manipulators trägt. Der P. enthält Elemente des Antriebs, Führungselemente und Einrichtungen zur Lagefixierung. Der P. kann den Portalbalken völlig umschließen, oder der Wagen ist an einer Seite offen. Bei geschlossener Form hat der P. zwei Anschraubflächen für Folgebaugruppen, aber der Anbau von Zwischenstützen ist nicht möglich. Ein seitlich offener P. gestattet das Anbringen von Zwischenstützen in Kragarmausführung. Die Trag- und Stützrollen werden je nach Lage und Richtung der Belastungskraft am P. angebracht.



Bauarten von Portalindustrierobotern

Position eines Körpers: Ort, den ein charakteristischer $\nearrow$ Punkt eines Körpers in einem $\nearrow$ Bezugskoordinatensystem einnimmt. Die P.e.K. beschreibt die Anordnung des Körpers in bezug auf seine 3 translatorischen Bewegungsmöglichkeiten. Die Angabe von Winkelbeziehungen dient der Beschreibung der Orientierung des Körpers.

Positionieren: 1. Handhabeoperation, die das Bewegen von HHO aus einer unbestimmten in eine vorgegebene Position, z. B. zum Greifer eines IR, bezeichnet. Soll in dieser Position eine Bearbeitung durchgeführt werden, so ist meist noch eine $\nearrow$ Orientierung des HHO nötig. Das Objekt muß dann in dieser Lage durch Spannen gehalten werden. P. und Spannen bzw. Entspannen greifen in das Gebiet des Vorrichtungsbauwerks über. – 2. Bewegen eines Maschinenteils in eine vorbestimmte Position oder auf einer quantisierten Einteilung um einen vorbestimmten Betrag.

Positionierfehler: geometrische Prüfgröße bei einem IR, die die Abweichung angibt, die sich im statischen Zustand zwischen einem eingestellten Positionswert und unter verschiedenen Belastungen, Temperaturen und Hüben ergibt.

Der P. nimmt i. allg. mit steigender Anzahl der rotatorischen Bewegungsachsen und zunehmender Traglast zu. Typische Grenzwerte sind bei IR mit SSS-Struktur und einer Traglast bis 100 kg $\leq 0,1$ mm, bei Knickarmrobotern bis 100 kg Traglast $\geq 1,0$ mm und solchen mit einer Traglast im Bereich von 1 bis 2 kg $\leq 0,1$ mm.

Positioniergenauigkeit: qualitative Einschätzung der Abweichung zwischen der Istposition und der programmierten Sollposition des Arbeitsorgans eines IR. Zum Beschreiben der P. sind die Prüfgrößen $\nearrow$ Positionsunsicherheit, $\nearrow$ Positionsabweichung, $\nearrow$ Positionsstreuweite, $\nearrow$ Umkehrspanne erforderlich. Der Begriff „Genauigkeit“ sollte zugunsten des Begriffs „Fehler“ (Positionierfehler) vermieden werden.

Positionierhilfe: Flächen an HHO, die so ausgebildet wurden, daß sie das Positionieren unterstützen bzw. durch Formpaarung zwangsläufig bewirken. Als P. zählen Einlaufschrägen, Zentrierkegel u. ä. Die P. spielen bei

Technische Daten einiger Portalindustrialroboter

Typenbezeichnung	Hersteller-land	Struktur	Antriebsart	Tragfähigkeit in N
Motohand 5	Japan	SS	elektrisch	4000
CM 160 F2.05.01	UdSSR	SSD	hydraulisch	3200
Workmate AST-1	Japan	SSS/D	hydraulisch	1000
Transfer System E	BRD	SS/DD	elektrisch	1000
M 63-OR	ČSSR	SS	hydraulisch	630
MTE-62	Ungarn	SS/DD	pneumatisch	250
Modell 094.0069	UdSSR	SS/DD	pneumatisch	250
RC-25 P	UdSSR	SS/DD	hydraulisch	250
Pirin 510	Bulgarien	SS/D	hydraulisch	600
Modell RBI	Finnland	SSD/D	hydraulisch	400

der montageautomatisierungsgerechten Gestaltung (Fügehilfen) von Produkten eine große Rolle. Vgl. Selbstpositionierung.

Positioniermeßsystem → Wegmeßsystem.

Positioniersensor, Lagegeber, Lagesensor: Sensor, dessen Signale dazu dienen, den → Effektor eines IR so zu führen, daß die vorgesehenen und im Programm abgespeicherten Aufgaben erfüllt werden können. Solche Aufgaben sind z. B.: programmierte Positionierung (Koordinate, Pendelbewegung bei Lichtbogenschweißrobotern), Schweißfugenverfolgung (Erkennung von Nahtanfang und -ende, Fugenverfolgung), Kollisionsschutz.

Da P.en sehr vielfältig verwendet werden, ist eine eindeutige Trennung zwischen → Prozeßsensor und P. nicht möglich. Vgl. Fugensucher.

Positionierung: Herstellung einer genauen Lage eines Objekts. Sie kann sowohl ein HHO bezüglich seiner Lage zum Effektor eines IR betreffen als auch z. B. einen robotergeführten Sauggreifer zu einem Werkstückstapel. Die adaptive P. im Suchlauf kann, wie in Abb. a gezeigt, mit einem Positionierschalter erfolgen. Beim Absenken des IR-Armes mit dem Sauger trifft der Endtaster auf das obere Werkstück des Stapels.

Ein besonderes Problem stellt die P. von Rohteilen unter Berücksichtigung von Bearbeitungszugaben dar (Abb. b). Beim vollautomatischen Ablauf muß der Rohling an festgelegten Meßpunkten gemessen und danach entsprechend verschoben werden. Abb.

Positionierungsgrad: quantitative Angabe über die Bestimmtheit der → Position eines Körpers. Der P. ergibt sich aus der Anzahl translatorischer

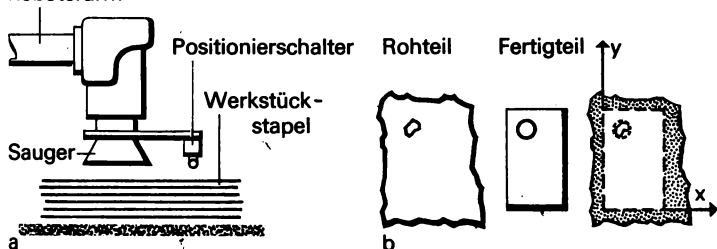
Positionierfehler in N	Bewegungsachsen		Drehung in Grad
	x, y in mm	z in mm	
$\pm 0,5$	wahlweise	1000	–
$\pm 0,5$	8900	970	A = 60
$\pm 2,0$	x = 650...3000 y = 2000...4000	850	C = 180
$\pm 0,5$	15000	2000	A = 360 P = 360
$\pm 0,5$	3000	800	–
$\pm 4,0$	2400...5000	400...1300	A = 240 P = 180
$\pm 5,0$	5000	400...1300	A = 240 D = 180
$\pm 0,5$	3100	400	A = 180 D1, D2 = 90
$\pm 0,25$	4000...6500	500	A = 20 C = 180
–	x = wahlweise y = 1000	1200	C = 360 P = 360

Bewegungsachsen (0, 1, 2 oder 3), in denen die Position bestimmt ist. Vgl. Orientierungsgrad.

Positionierwiederholgenauigkeit $\nearrow$ Wiederholfehler.

Positionierzeit: Zeit, die ein IR vom Zeitpunkt des Befehls zur Aufnahme des Werkstücks mit Nennmasse in der Startposition bis zur Ablage desselben in der Zielposition benötigt. In der P. sind alle Teilzeiten, die für den Ablauf einer Operation erforderlich sind, enthalten. Ihr Betrag ist abhängig von der Anzahl der am Bewegungszyklus beteiligten Teiloperationen und von der mittleren Geschwindigkeit, mit der die Bewegungen ausgeführt werden.

Roboterarm



Positionierung: a Suchlauf beim Ab Stapeln, b Rohteilpositionierung

Positionsabfragefrequenz: Anzahl der Weg- oder Winkelpositionen je Sekunde, die bei Programmierung im direkten Teach-in von den ↗ Wegmeßsystemen der Bewegungsachsen eines IR simultan abgefragt und in einem geeigneten Speicher geordnet als Wertetabelle abgelegt werden. Typischer Zahlenwert ist 80 Positionen je Sekunde. Im Automatikbetrieb werden diese Positionswerte in der gleichen Zuordnung und Aufeinanderfolge als Führungsgrößen der Bewegungssteuerung zugeführt.

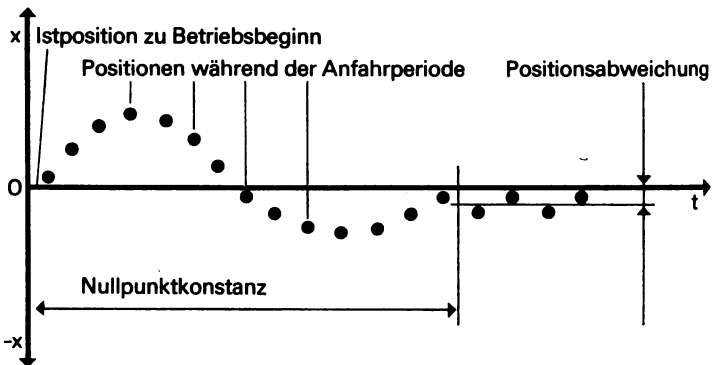
Es besteht ein direkter Zusammenhang zwischen der P. und der Genauigkeit der Wiedergabe der Bewegungsbahn bei gegebener Bewegungsgeschwindigkeit des Effektors. Je geringer die Bewegungsgeschwindigkeit, desto geringer kann die P. für eine vorgegebene Genauigkeit der Wiedergabe der Bewegungsbahn sein, was zur Verlängerung der zulässigen Programmlaufdauer führt.

Positionsabweichung: temperaturbedingte Abweichung des Arbeitsorgans eines IR von einer zu Betriebsbeginn definierten Istposition, die sich nach einer festgelegten Dauerbewegung unter Einsatzbedingungen bis zum Erreichen einer stationären Betriebstemperatur ergibt. Die P. bei einem Anfahrvorgang wird in der Abb. in Abhängigkeit von der Zeit t wiedergegeben. Diese Prüfgröße soll den Anwender informieren, wie groß die zu erwartenden Abweichungen des Arbeitsorgans von einer eingerichteten Position bei Inbetriebnahme des Roboters nach einer längeren Betriebsunterbrechung sind. Abb.

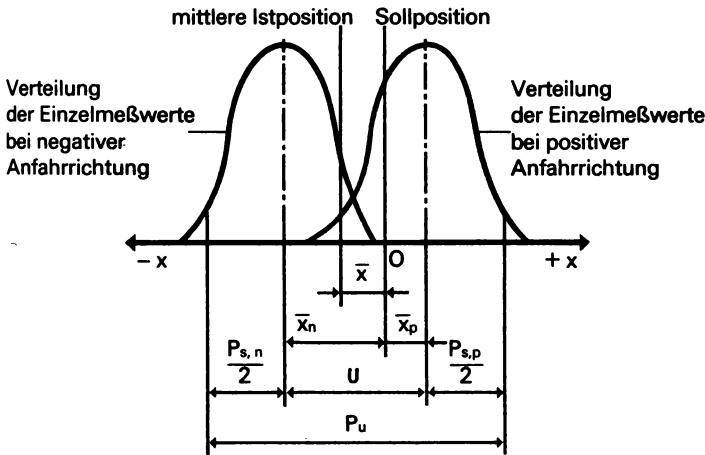
Positionsanzeige: Einrichtung zur numerischen Darstellung der Werte der ↗ Wegmeßsysteme mit Ziffernanzeigen nach Richtung und Größe.

Positionsgeber: im Gegensatz zu ↗ Wegmeßsystemen nur dann ein Signal liefernde Einheit, wenn die Bewegungseinheit die durch den P. eingestellte Position erreicht hat. Beispiele für P. sind Kontakt, Nockenschalter, Initiator, Lichtschranke.

Positionsstreubreite: Bandbreite der Positionsabweichungen des Arbeitsorgans eines IR um eine mittlere Istposition, die sich beim Anfahren einer



Positionsabweichung



Darstellung der Positionsunsicherheit; U Umkehrspanne

programmierten Sollposition aus einer Richtung ergibt. Innerhalb dieser Bandbreite sollen alle Stellungen für die programmierte Position mit einer Aussagesicherheit von 95% liegen.

Positionsunsicherheit: größter Abstand zwischen den möglichen Istpositionen des Arbeitsorgans eines IR, der beim Anfahren einer Sollposition auf einer Bewegungsachse mit unterschiedlichem Richtungssinn auftreten kann. Die Aussagesicherheit soll 95% betragen. Die Angabe der P ist notwendig, damit der Anwender bei der Gestaltung peripherer Einrichtungen die Toleranz kennt, mit der bei der Ablage der HHO durch den IR zu rechnen ist. Abb.

Positionswiedergabefrequenz: Frequenz, mit der die Positionssollwerte bei im direkten Teach-in programmierten IR in der Betriebsart Automatik der Bewegungssteuerung zugeführt werden. Sie ist in vielen Fällen gleich der Positionsabfragefrequenz, kann aber auch von der Spannung eines Tachogenerators, der mit einem Förderer gekoppelt ist, gesteuert werden. Vgl. Synchronprogramm.

Postprozeßmessen → Messen.

Postprozessor: Bezeichnung für denjenigen Teil eines Übersetzungsprogramms (→ Compiler), welcher ein in einer höheren Programmiersprache erstelltes Handhabeprogramm, Bearbeitungsprogramm o. a. an den speziellen technologischen Einsatzfall anpaßt. Der Begriff wird hauptsächlich im Zusammenhang mit der maschinellen Programmierung numerisch gesteuerter Werkzeugmaschinen angewendet. Vgl. Prozessor.

Potentiometer: elektrischer Widerstand mit veränderbarem Abgriff (Schleifer), der in der Ausführung als Präzisionsmeß-P. als → Wegmeßsystem geeignet ist. Der eindeutige Funktionszusammenhang zwischen Schleiferstellung und Spannungswert gestattet absolutes Meßverfahren, bei Umlauf-P.

auch zyklisch-absolutes Meßverfahren (wird selten angewendet). Der Widerstand besteht aus einer Drahtwendel oder (Plast-) Schichtbahn. Nach der konstruktiven Gestaltung unterscheidet man Eingang-, Mehrgang- und Umlauf-P.

Das P. ist ein einfaches und billiges Wegmeßsystem und wird bevorzugt dann angewendet, wenn die Weginformationsverarbeitung analog erfolgt. Insbesondere wegen berührender Meßwertabnahme (Verschleiß, Zuverlässigkeitsprobleme) ist der Einsatz bei IR aber beschränkt. P. können auch als Sollwertgeber, insbesondere in Verbindung mit Steckerfeldern bei nichtnumerischen Punktsteuerungen, benutzt werden.

Power- und Free-Förderer: Hängekreisförderer, bei dem die Gehänge frei in Schienen laufen (*Free*) und von einer Kette gezogen werden (*Power*). Die Gehänge können aus der Kette ausgeklinkt und aus der angetriebenen Bahn ausgeschleust werden. Aufgrund ihrer Eigenmasse rollen sie auf geneigten Free-Schienen selbständig weiter.

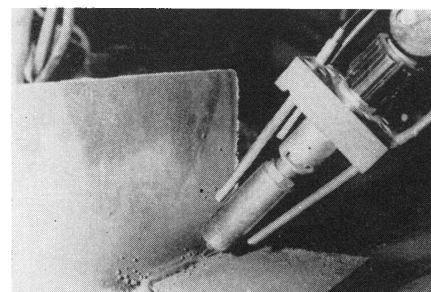
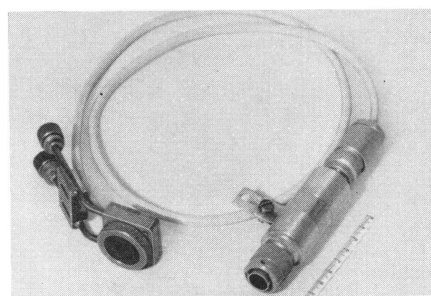
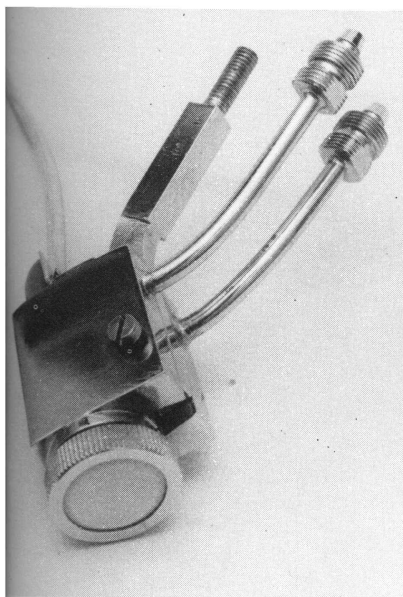
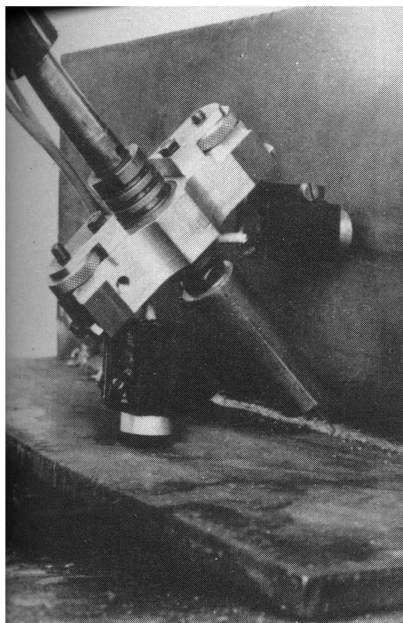
Präzisionsmanipulator: handgesteuerter ↗ Master-Slave-Manipulator, dessen Arbeitsorgan sich im Millimeterbereich bewegen und z. B. durch binokulare Mikroskope beobachtet werden kann. Er findet im Gerätebau, in der Elektronik, Neurochirurgie u. a. Gebieten Anwendung. An ihre Führungsgetriebe, Antriebe, Meßsysteme und Steuerungen werden hohe Anforderungen gestellt. Vgl. Präzisionsrobotertechnik.

Präzisionsrobotertechnik: Teilgebiet der Robotertechnik, das sich vorwiegend mit prozeßspezifischen Robotern für das Handhaben kleiner leichter HHO z. B. im Bereich des Gerätebaus und der Elektronik befaßt. Die Arbeitsorgane der Präzisionsroboter können sehr genau positioniert werden. Der Arbeitsraum ist klein. Die an sie gestellten technischen Anforderungen sind sehr hoch. Zur P. gehören z. B. Ultraschallautomatikbender, Justage-roboter, mikrorechnergesteuerte Kleinmanipulatoren. Vgl. Mikromanipulator.

Priorität: Beschreibung eines Rangfolgeproblems, das entsteht, wenn eine Verarbeitungseinheit gleichzeitig mehr als einen Auftrag bearbeiten soll, aber zu einem bestimmten Zeitpunkt immer nur einen Auftrag bearbeiten kann. Den Aufträgen müssen also Wertigkeiten zugeordnet sein, die die Reihenfolge der Bearbeitung bestimmen, d. h. die Bearbeitung eines *niederwertigeren* Auftrages zugunsten eines *höherwertigen* zurückstellen und gegebenenfalls die Bearbeitung des niederwertigeren unterbrechen.

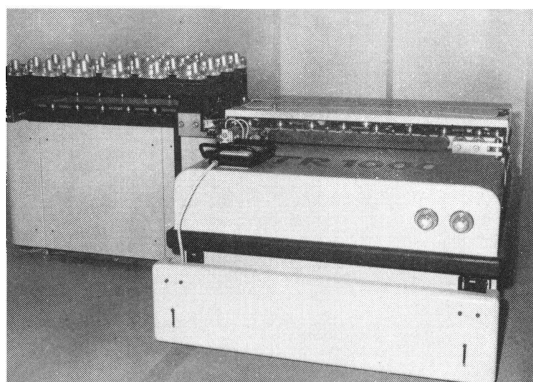
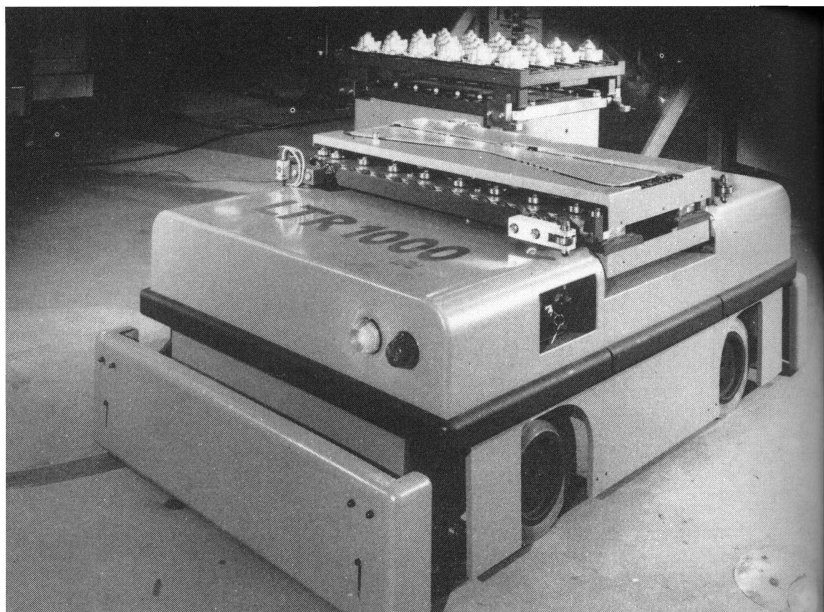
Zum Beispiel 1. die Ausführung von Handhabeoperationen durch einen IR in einer Fertigungszelle bei Bedienung durch Anforderung, wobei die P.en durch technologische Optimierungskriterien, z. B. minimale Teiledurchlaufzeit, bestimmt werden. Zusätzlich zu den Optimierungskriterien können Restriktionen (Stop-Aufträge, Maschinenausfall usw.) die P.en beeinflussen. 2. die Reihenfolge der Abarbeitung von Programmen durch die ↗ Zentralverarbeitungseinheit eines ↗ Prozeßrechners. Hier gilt das Prinzip, daß die Anmeldung eines Auftrages höherer P. die Abarbeitung des aktuellen Auftrages unterbricht (↗ Interrupt) und diese nach Erledigung des erstgenannten fortsetzt.

Prioritätenzuordnung: Kennzeichnung von Aufträgen, die eine Steuerung



Tafel 17

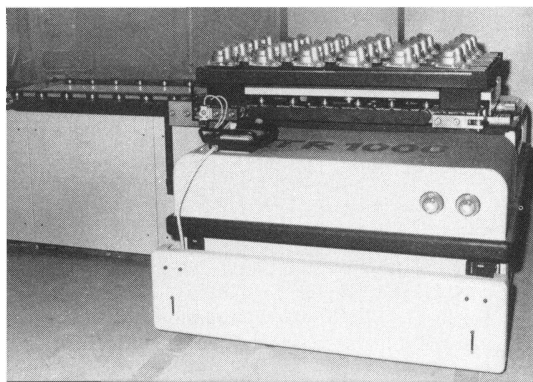
- 1 2 Kehlnahtschweißen mit zwei Abstandssensoren · 2 Optischer Sensor
- 3 4 ZIS 983.1 zum Einmitten eines Schweißkopfes · 3 Induktive Abstandssensoren ZIS 10-67.4 und 4 ZIS 10-67.5 für Nahtverfolgungsaufgaben in der Schweißtechnik · 5 Optischer Kehlnahtsensor, der auf Lichtverteilung reagiert.

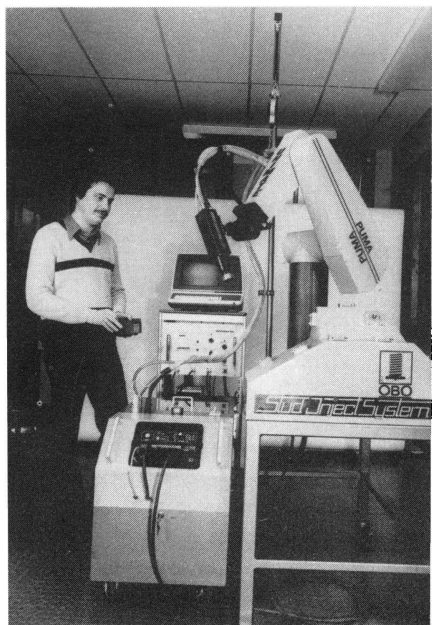
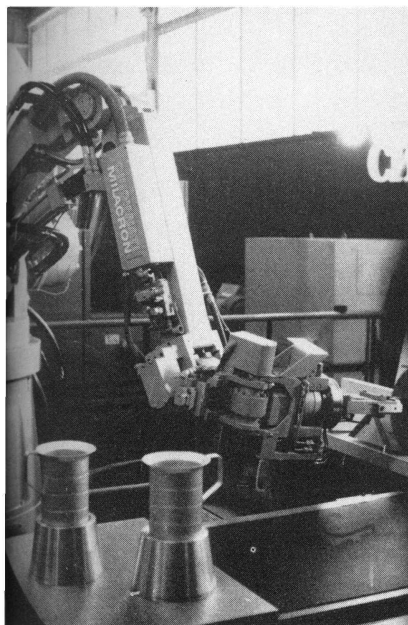
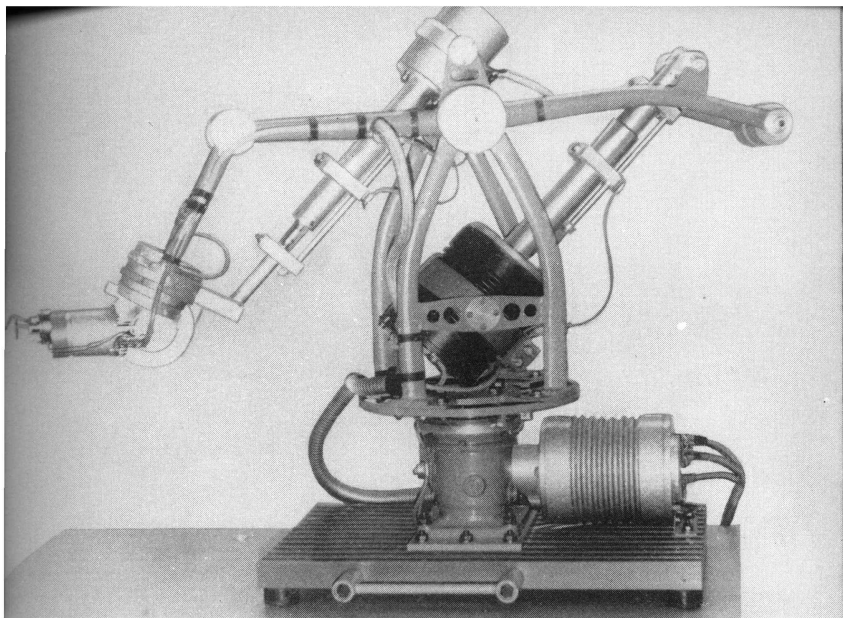


1	4
2	5 6
3	

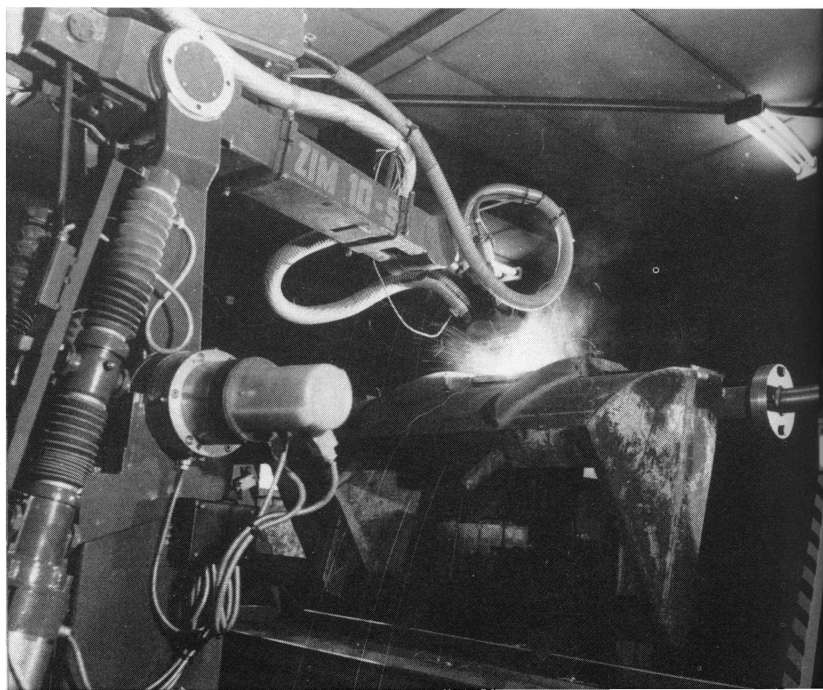
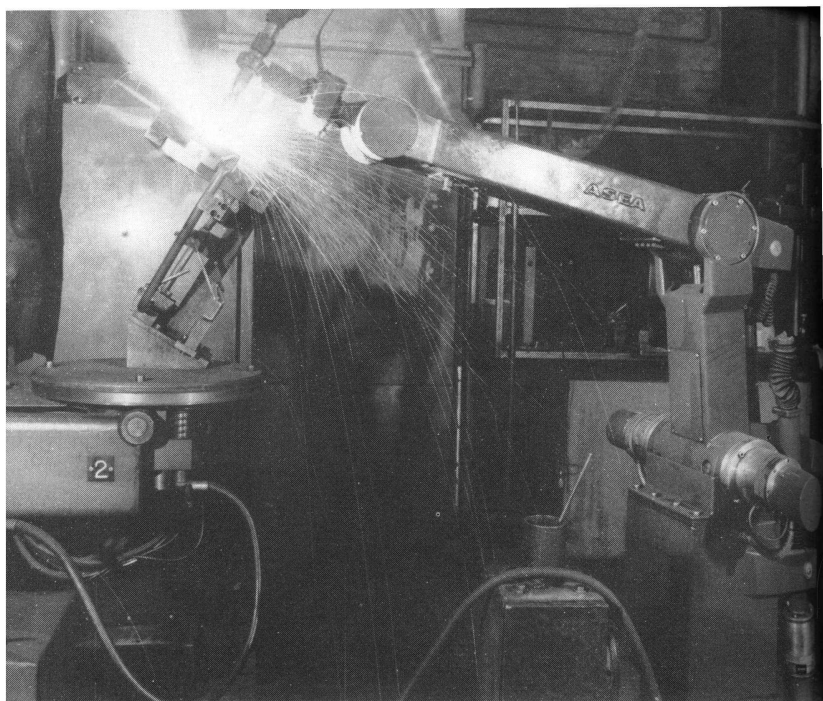
Tafel 18/19

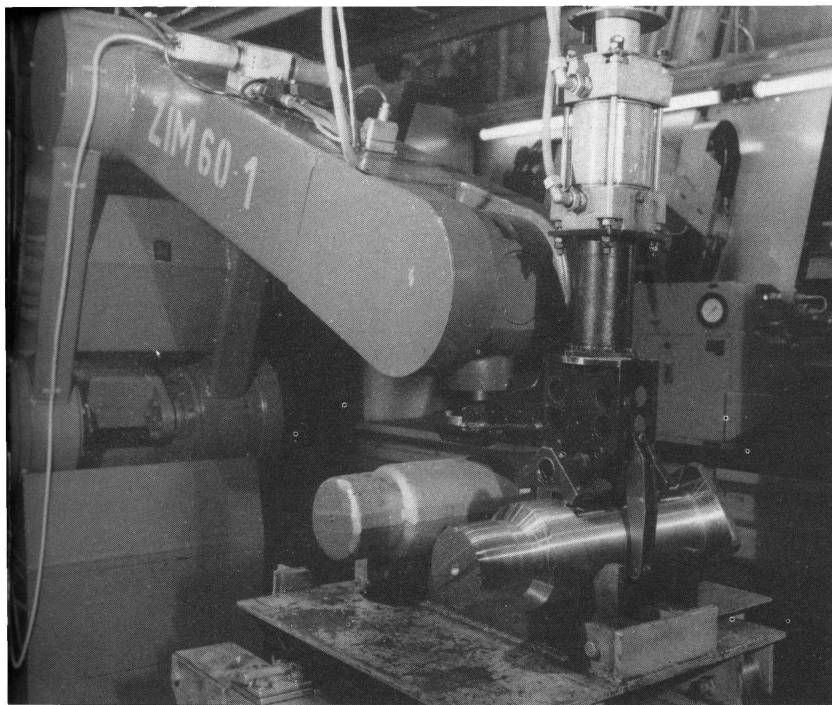
1 Leitliniengeführter Transportroboter LTR 1000 (BWF Berlin) · 2 Palettenwechselvorgang; Flachpalette befindet sich noch auf dem Bereitstellungplatz in Maschinennähe · 3 Flachpalette wurde mit einer Nockenkette auf die Transportroboterplattform gezogen (Querübergabe); Tragkraft 1000 kg · 4 Drehgelenkroboter KOLKA 025 für Lehrzwecke und Programmierübungen (Technische Hochschule Bratislava, ČSSR) · 5 Drehgelenkroboter T3 (Cincinnati Milacron, USA) mit 135 kg Tragfähigkeit, Frei-





heitsgrad 6 und einem Positionierfehler von $\pm 1,27 \text{ mm}$ · 6 Drehgelenkrobo-
ter PUMA (Unimation Westinghouse, USA) für schwieriges Handhaben
von Montagekleinteilen und für andere technologische Anwendungen

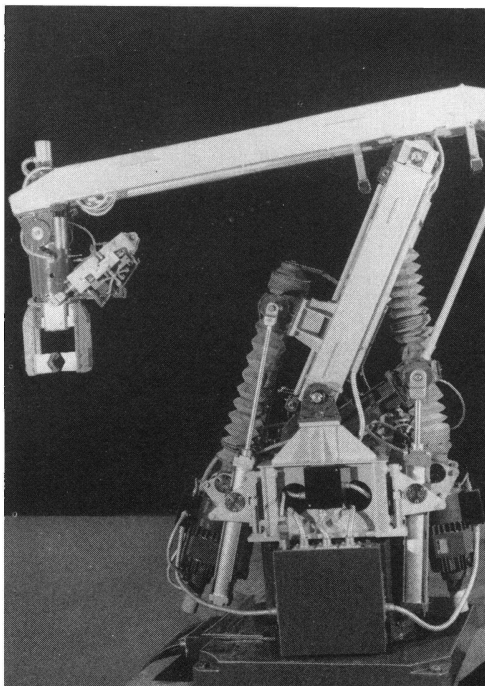


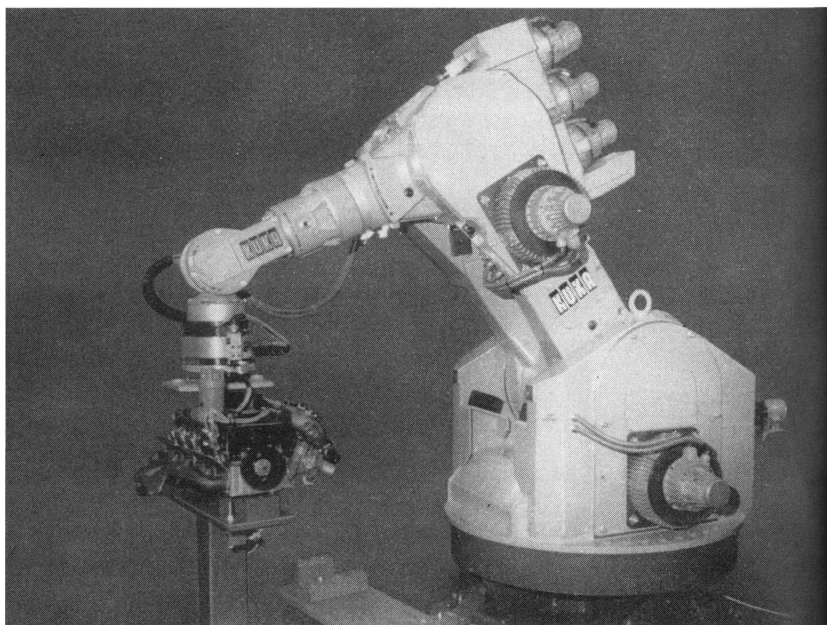
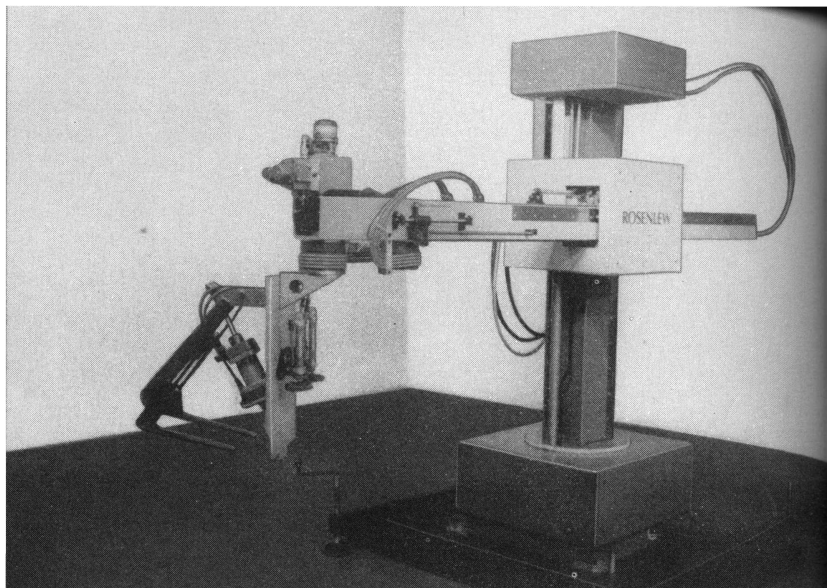


1		3
2		4

Tafel 20/21

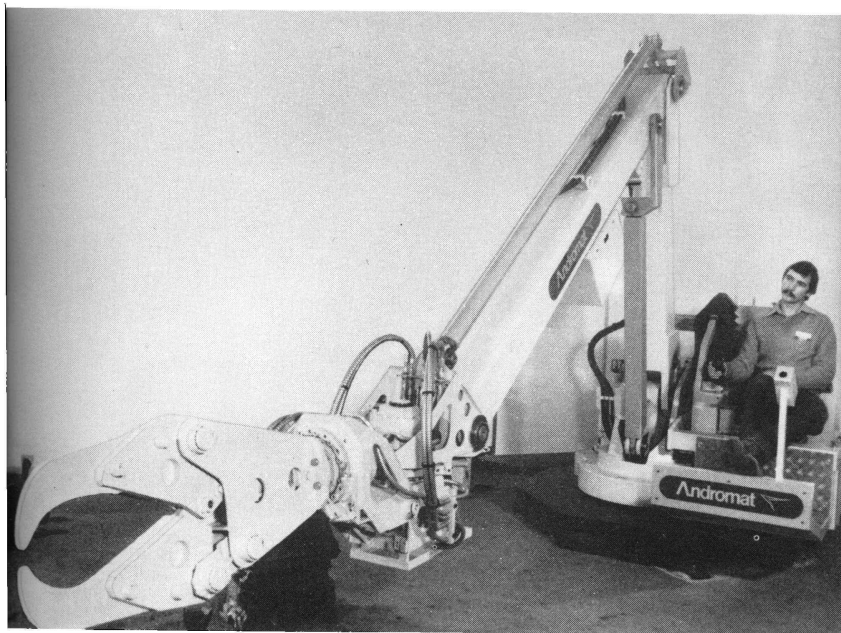
1 Lichtbogenschweißen mit dem Drehgelenkroboter ASEA IR b-6 (Schweden), Tragfähigkeit 6 kg, Freiheitsgrad 5, Positionierfehler $\pm 0,2 \text{ mm}$ · 2 Lichtbogenschweißen mit dem Drehgelenkroboter ZIM 10/S (DDR), Tragfähigkeit 10 kg, Freiheitsgrad 5, Positionierfehler $\pm 0,2 \text{ mm}$ · 3 Drehgelenkroboter ZIM 60-1 (DDR) beim Beschicken einer Werkzeugmaschine, Tragfähigkeit 60 kg, Freiheitsgrad 5, Positionierfehler $\pm 0,4 \text{ mm}$ · 4 Drehgelenkroboter ZIM 60-2 (DDR)





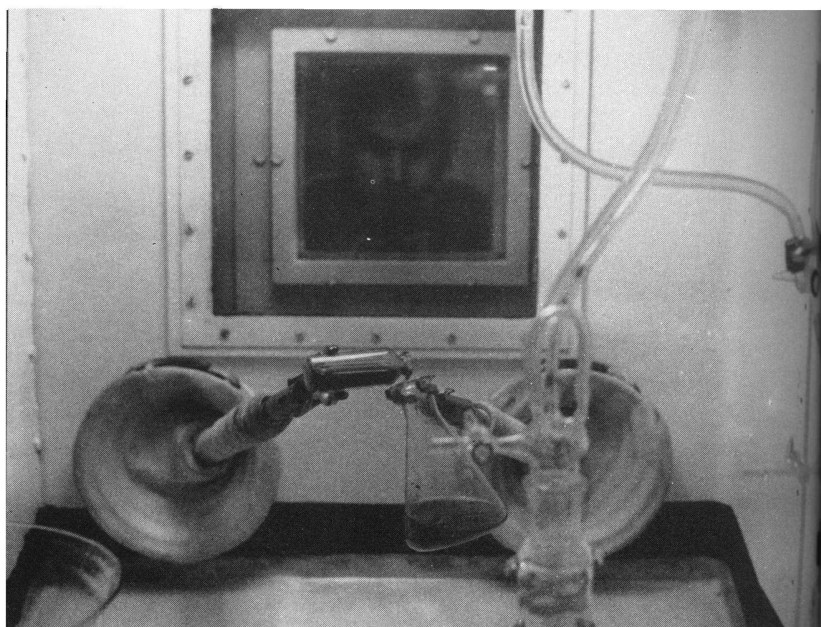
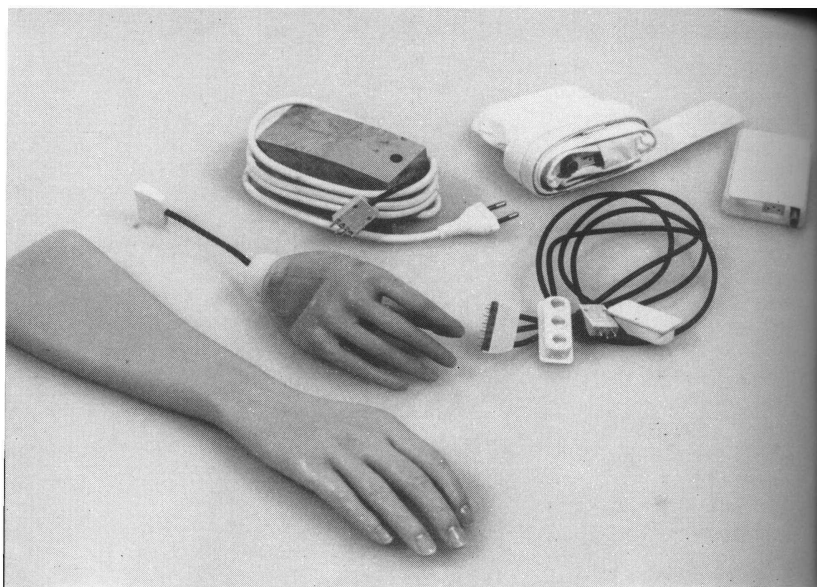
Tafel 22

- 1 1 Industrieroboter (Rosenlew, Finnland) mit einem speziellen Greifer zum lückenlosen Stapeln von Kartons u. ä. auf Flachpaletten
- 2 2 Industrieroboter (KUKA, BRD) demonstriert das Montieren von Kraftfahrzeugmotoren, wobei auch der Greifer automatisch gewechselt wird



Tafel 23

- 1 Mehrere miteinander im Bewegungsablauf synchronisierte Industrieroboter ZIM 60 (DDR) nehmen Profilstangen von einer Förderstrecke ab
- 2 Handgesteuerter Industriemanipulator ANDROMAT (AST Kassel, BRD) für das Handhaben schwerer Werkstücke und Werkzeuge



Tafel 24

- 1 1 Myoelektrisch gesteuerte Handprothese mit Zubehör (Orthopädie-Technik Berlin, DDR) · 2 Manipulator in einer „heißen Zelle“ zur Handhabung von Proben, z. B. bei der Herstellung von Nuklearpharmaka (Zentralinstitut für Kernforschung Rossendorf, DDR)
- 2

erreichen, nach ihrer Wichtigkeit. Ein Prozeßrechner, insbesondere wenn er flexible Fertigungszellen steuern soll, kann nicht alle Prozeßmeldungen gleichzeitig verarbeiten. Den Aufträgen müssen untereinander Prioritäten zugeordnet werden. Es könnte z. B. folgende P. angewendet werden: Stopp-Aufträge, Fehlerbehandlung, digitale Eingaben vom Prozeß, Verfahrtaufträge, Datenmanipulation, Korrespondenzaufträge, Wiederanlauf nach Spannungsausfall.

Prioritätskaskade, Daisy-chain: spezielle Behandlungsweise von Unterbrechungen, die von Bausteinen an den die ↗ Zentralverarbeitungseinheit realisierenden Mikroprozessor gesandt werden. Die Bausteine liegen am Systembus. Bei einer über den ↗ Bus an den Mikroprozessor abgeschickten Interruptanforderung können durch schaltungstechnische Vorkehrungen alle in der Kette weiter hinten liegenden Bausteine keine ↗ Interrupts mehr anmelden, wohl aber die davor liegenden. Damit werden die Interruptforderungen des Systems nach den durch die Anreihung der Bausteine am Bus festgelegten Prioritäten bedient.

Prismengreifer: Greifer, bei dem mindestens ein Greiferbacken prismenartig ausgespart ist. P. werden für das Handhaben rotationssymmetrischer Werkstücke verwendet.

Produktgestaltung, montagegerechte: Gesamtheit aller konstruktiven Maßnahmen mit dem Ziel der optimalen Anpassung von Bauteil- und Baugruppeneigenschaften an die Bedingungen der Roboterontage. Die Gestaltung soll einen kostengünstigen, einfachen automatischen Montageablauf zuverlässig ermöglichen. Grundvoraussetzungen für die m. P. sind min. Teileanzahl, einfache Montageverrichtungen (selbstklemmende Schrauben, Blindniete, Steck- und Schnappverbindungen), geringster Montageaufwand, Senkung der Justierarbeiten (Langlöcher, Kreuzlanglöcher), geringer Wartungs-, Instandhaltungs- und Demontageaufwand.

Produktgestaltung, robotergerechte: Gesamtheit aller konstruktiven Maßnahmen, die darauf gerichtet sind, das automatische Handhaben von Objekten durch einen Roboter vorteilhaft und sicher zu gestalten.

Produktgestaltung, schweißrobotergerechte: automatisierungsgerechte Gestaltung, die zusätzliche Gesichtspunkte beim Konstruieren von Schweißteilen berücksichtigt, um mit einem IR schweißen zu können. Hierbei werden Vorgabe von Werkstoffen, Wanddicken und Nähten, die den am IR befindlichen Standardschweißdraht anzuwenden erlauben, vermeiden von Schweißnähten in Ecken und um Profile herum, abstimmen der Schweißnahtfolge auf geringen Verzug, ermöglichen der Schweißung in einer einzigen Vorrichtungslage, geringe Behinderung der Zugänglichkeit der Schweißpistole zur Schweißnaht, vorsehen einlagiger Schweißnähte und dementsprechende Dimensionierung berücksichtigt. Bei der Auswahl der Nahtarten sollte folgende Rangfolge eingehalten werden: Kehlnaht-Stumpfnäht mit Badsicherung, Stumpfnäht (I-Naht), Ecknaht, Stumpfnäht mit Fugenvorbereitung, Bördel- und Stirrnaht.

Produktionsprozeß: Gesamtheit der auf die Herstellung von Gebrauchswerten gerichtete Tätigkeit der Werk tätigen, die mit Hilfe der Produktionsinstrumente die geplante Veränderung der Arbeitsgegenstände bewirken, und

der durch diese Tätigkeit in Gang gesetzten und genutzten natürlichen Prozesse.

Der P. kann unter den beiden Aspekten der materiell-technischen und der sozialökonomischen Seite gesehen werden. Für die IR-Technik ist besonders die Gliederung nach der betrieblichen Arbeitsteilung in Produktionshauptprozeß und -hilfsprozeß wichtig. Hauptprozesse sind die Prozesse, die unmittelbar auf die Herstellung der für den Betrieb typischen Erzeugnisse gerichtet sind. Die Hilfsprozesse schaffen die für die Durchführung der Hauptprozesse notwendigen Voraussetzungen, wie Erzeugen und Verteilen von Energie, Herstellung von Werkzeugen und Vorrichtungen, Wartung und Instandhaltung der Produktionsanlagen, innerbetrieblicher Transport u. a.

Programm: Folge von Anweisungen und Vereinbarungen, die als Ganzes einen in sich abgeschlossenen Algorithmus darstellt. Einem P. liegt immer eine bestimmte Darstellungsform zugrunde (↗ Kode, ↗ Programmaufbau, ↗ Programmiersprache). Aus Sicht einer Steuerung unterscheidet man in P. zur Realisierung der Funktionen dieser Steuerung (↗ Betriebssystem) sowie zur Realisierung der Funktionen des zu steuernden Prozesses (↗ Anwendersystem). Letztere heißen in der IR-Technik Handhabe-P., auch Anwender-P. Vgl. Software, Steuerprogramm.

Programmablauf: bei einer IR-Steuerung die Befehle für die Bewegung der Achsen und die Greiferbetätigung sowie die Befehle zur Abwicklung der Kommunikation mit dem technologischen Prozeß.

Programmablaufgraph: Hilfsmittel zum Entwurf von Steuerungen, das Elemente des Programmablaufplanes nutzt, um damit einen in sich geschlossenen Graph zu erzeugen. Es ist üblich, den Aktivitäten im P. Steuerungszustände zuzuordnen.

Programmablaufinformation: Informationen insbesondere zur Steuerung des logischen Programmablaufs, wie Programmsprünge, Verzweigungen, Unterprogrammaufrufe oder Anweisungen zur Parallelverarbeitung von Programmteilen.

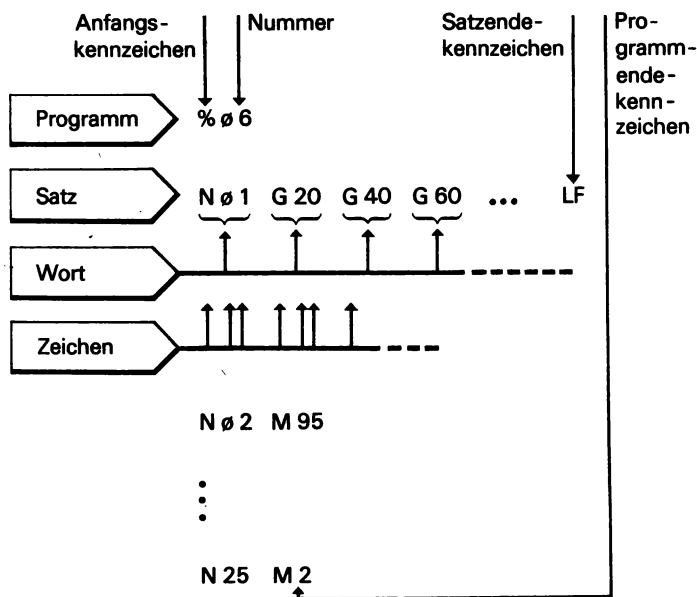
Programmablaufplan, Abk. PAP: formalisierte Aufbereitung eines Problems, wobei man sich in der grafischen Darstellung genormter Symbole, z. B. für Programmverzweigungen, Unterprogramme, Ein- und Ausgabe, bedient. Der P. erleichtert die Übertragung in eine Programmiersprache. Seine Richtigkeit prüft man, indem der P. Schritt für Schritt mit angenommenen Bedingungen und Werten abgearbeitet und das Ergebnis kritisch bewertet wird.

Programmablaufsteuerung: Steuerung der Abarbeitung eines ↗ Handhabeprogramms. Vgl. zentrale Informationsverarbeitung.

Programmanweisungen, Programminstruktionen: Anweisungen zur Aufstellung eines Handhabeprogramms. Zu den elementaren P. gehören Weg- und Winkelsollwerte, Weginformationen, Technologieanweisungen und P. Sollwerte beschreiben den Verfahrensweg entweder bezogen auf das Achskoordinatensystem des IR oder bezogen auf ein roboterabhängiges – z. B. raumfestes kartesisches – Koordinatensystem. Die Technologieanweisungen umfassen alle Informationen, um einen Programmschritt in der richtigen

Art und Weise auszuführen. Hierzu gehören z. B. Geschwindigkeits- oder Beschleunigungswerte, Werkzeug- oder Greiferinformationen. Die P. dienen der Steuerung des Programmablaufs und enthalten z. B. Verzweigungsbefehle, Unterprogrammaufrufe oder Anweisungen zur Parallelverarbeitung von Programmteilen.

Programmarchivierung: 1. ↗ Archivierung. – 2. ↗ Archivierungsanschluß.
Programmaufbau: Gesamtheit von Regeln zur Darstellung eines Programms. So beginnt z. B. ein Programm im ↗ NC-Code mit dem Zeichen Programmanfang, gefolgt von der Programmnummer. Danach folgt das eigentliche Programm, bestehend aus Sätzen, Wörtern und Zeichen. Das Programm endet mit dem Befehl „Programmende“. Abb.



Programmaufbau: Aufbau eines Programms

Programmendebehehl: Befehl zur Kennzeichnung des Endes eines ↗ Handhabeprogramms. In der Notation und Speicherung des Programms wird es auch als physisches Programmende bezeichnet. Das Erreichen des P. während des Programmlaufs, z. B. in der Betriebsart Automatik (logisches Programmende), führt zum Halt des IR und es werden steuerungintern Bedingungen gesetzt, die einem Neustart des Programms vom Programmanfang durch Betätigung des Starttasters ermöglichen.

Programmieranleitung ↗ Bedienanleitung.

Programmierart ↗ Programmierverfahren.

programmierbarer Drehwinkel ↗ **programmierbarer Verfahrensweg**.

programmierbarer Verfahrensweg, *programmierbarer Drehwinkel*: max. Verfahrensweg bzw. Drehwinkel, der für die Weginformationsverarbeitung in der IR-Steuerung darstellbar ist. Er muß größer oder gleich dem Verfahrensweg bzw. Drehwinkel (Verfahrenswinkel) sein. Die Wertangabe erfolgt bei gegebener Wegauflösung (bzw. Winkelauflösung) als Weg- bzw. Winkelwert oder als Zahl der Inkremente, auch als Schrittzahl bezeichnet. Vgl. Wegmeßsystem.

Programmierzugriff ↗ **Programmierzugriff**.

Programmieren ↗ **Programmierung**.

Programmiergerät: 1. Bezeichnung für ein Gerät zur komfortablen Programmierung sowie für Inbetriebnahme- und Servicehandlungen von z. B. IR. Es enthält i. allg. einen eigenen Mikrorechner und eine hochflexiblen Ansprüchen genügende Gerätetechnik zur Kommunikation mit dem Bediener (Tastatur, Bildschirm, Folienspeicher-Laufwerke u. a.). – 2. Gerät zur Programmierung von ↗ EPROM-Speicherschaltkreisen.

Programmierhilfe: Sammelbegriff für solche Einrichtungen und Unterlagen, die zur Unterstützung des Programmierers beim Erstellen von Handhabeprogrammen und beim Eingeben in die Steuerung sowie für das Redigieren von Handhabeprogrammen dienen. Das Spektrum reicht von Geräten, wie Phantomroboter, Bildschirm, speziellen Eingabeelementen (programmierbare Taste), Programmen zum Redigieren, Anzeigen u. a. von Handhabeprogrammen bis zu speziellen Unterlagen zum Erleichtern dieser Aufgaben.

Programmierkomfort: Aussage über die Ausführbarkeit, Übersichtlichkeit und Zweckmäßigkeit des Programmierens, Einrichtens, Umstellens, Behebens einfacher Fehler sowie der Fehlerdiagnose und Wartung an einem IR durch einen Bediener. Wichtig ist die Einarbeitungszeit, die dieser benötigt, um den IR für geplante Anwendungen zu beherrschen.

Programmierkraft: Kraft, die bei direkter ↗ Teach-in-Programmierung eines Drehgelenkroboters beim manuellen Führen des Führungsgetriebes aufgewendet werden muß. Die P. soll nicht größer als 50 N bei 1 m/s Programmiergeschwindigkeit sein, weshalb das Führungsgetriebe im gesamten Arbeitsraum gleichmäßig leichtgängig bewegbar sein soll. Bei zu großer P. leidet die Qualität der Bahn und damit die Qualität der Arbeit, z. B. beim Spritzlackieren. Vgl. Phantomroboter.

Programmierzugriff, *Programmierzugriff*: aufgabengemäßes Verfahren eines IR zur Erzeugung eines ↗ Handhabeprogramms. Vgl. Teach-in-Programmierung.

Programmieroutine: Bezeichnung für vorbereitete Programmteile, die in Handhabeprogramme eingegliedert werden können, z. B. als Unterprogramme. Sie erleichtern die Programmierung wesentlich und bewirken auch geringe Programmlängen. So gibt es z. B. P. für typische, häufig benutzte Bewegungsabläufe, für die Berechnung von Positionssollwerten für das Palettieren und Stapeln. Der Steuerung werden nur Werte für festgelegte Eingangsvariable eingegeben, anhand derer die nacheinander zu positionierenden Raumpunkte selbsttätig ermittelt werden. Abb.

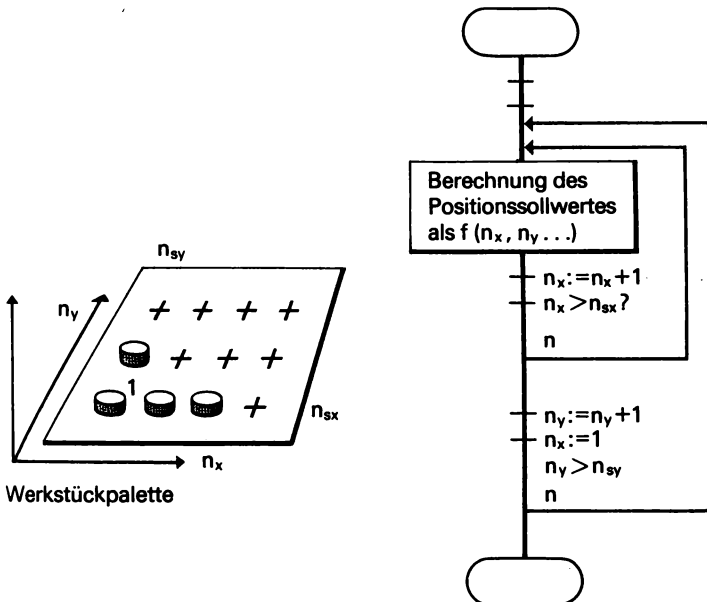
Programmiersprache: Darstellung von Anweisungen für ein zu steuerndes Objekt durch symbolische Ausdrücke. P. bestehen aus Zeichen als Basis-symbole, Regeln zur Verbindung dieser Zeichen zu Sprachelementen höherer Stufe, z. B. Wort, Satz (*Syntax*), und den Bedeutungen für die zulässigen Folgen von Zeichen (*Semantik*). P. gehören damit zu den sogenannten künstlichen Sprachen.

P. für IR tragen i. allg. problemorientierten Charakter. Sie dienen zur Formulierung von Handhabeprogrammen und werden auch als Roboter-P. oder Robotersprachen bezeichnet. Man unterteilt in ↗ Elementarsprachen, z. B. ↗ NC-Kode, und die eigentlichen problemorientierten Roboter-P., wobei hochentwickelte P. auch als höhere Sprachen bezeichnet werden.

Je höher das Niveau einer P., desto anspruchsvollere Handhabeaufgaben können programmiert werden und desto niedriger ist der Aufwand zur Erstellung des ↗ Quellprogramms für eine gleiche Handhabeaufgabe, desto größer sind aber auch der Übersetzungsaufwand (↗ Assembler, ↗ Compiler, ↗ Interpreter) und der Speicherbedarf.

Programmiersprache, elementare ↗ Elementarsprache.

Programmiersprache, explizite, explicit-programming [engl.]: Programmiersprache, bei der der Programmierer Weginformationen explizit eingibt, d. h. jeder Bahnpunkt bzw. jedes Wegelement ist durch eine Programmmanweisung bewegungsorientiert zu beschreiben. Beispiele für e. P. sind VAL, HELP, SIGLA.



Programmablaufplan für eine Programmerroutine

Da bei e. P. aufgrund des eindeutigen Zusammenhangs zwischen einer Programmieranweisung und der daraus resultierenden Aktion des IR die Verarbeitung des Programms vergleichsweise einfach ist, wird sie i. allg. durch einen ↗ Interpreter in der IR-Steuerung durchgeführt. Die Ermittlung kollisionsfreier Verfahrenswege ist bei räumlich sehr komplexen Handhabevorgängen in der Offline-Programmierungsphase nahezu unmöglich.

Programmiersprache, höhere, höhere problemorientierte Roboterprogrammiersprache, höhere Robotersprache: Bezeichnung für eine Teilmenge von Roboterprogrammiersprachen, die für Anwendungen mit sehr umfangreichen Datenmengen über den IR, die Werkstücke, den technologischen Prozeß und die Peripherie sowie aus Erkennungssystemen den fortgeschrittensten Stand darstellen, z. B. AML, VAL.

Programmiersprache, implizite: Programmiersprache, bei der die jeweilige Handhabeaufgabe aufgabenorientiert beschrieben wird, z. B. AUTOPASS. Die i. P. ist der Gegensatz zur bewegungsorientierten Beschreibung bei expliziten Programmiersprachen. Die Umwelt muß während einer Umweltbeschreibungsphase mathematisch modelliert werden.

Programmiersprache, problemorientierte ↗ Roboterprogrammiersprache, programmierter Punkt ↗ Bahnstützpunkt.

Programmierung, Programmieren: objektbezogener Begriff für das Erstellen, Eingeben und gegebenenfalls Einrichten von ↗ Steuerprogrammen.

1. Die P. einer Steuerung ist das Erstellen usw. der Programme, die der Steuerung ihre Funktion verleiht (*Betriebssystem*).

2. Die P. eines zu steuernden Objekts, z. B. eines IR, ist das Erstellen usw. des Programms zur Steuerung z. B. des IR (*Anwendersystem*). Es wird in die Steuerung eingegeben und dort gespeichert.

Im allgemeinen Sprachgebrauch der IR-Technik ist unter P. die unter 2. genannte Aufgabe zu verstehen. Die P. besteht aus den Teilaufgaben Bewegungs-P., Ablauf-P., Kommunikation und gegebenenfalls Überwachung und Diagnose. Die Bewegungs-P. kann durch Anfahren und Speichern aller Positionen und Orientierungen, durch Abfahren einer Bahn oder durch Übernahme von Geometriedaten, z. B. aus Zeichnungen, erfolgen. Die Bewegungsvorgabe kann auch an Robotermodellen mit gleicher kinematischer Struktur erfolgen (Phantomroboter). Es ist auch möglich, eine Bahn durch die menschliche Hand vorzugeben, indem ein übergestreifter fluoreszierender Handschuh durch 2 Videokameras stereoskopisch erfaßt wird. Bei anderen modernen Verfahren wird mit unterlagertem Fernsehbild und Lichtgriffel am rechnergestützten Bildschirm (Simulationssystem) gearbeitet. Für die P. von IR existieren unterschiedliche ↗ Programmierverfahren, die man nach dem Programmierort (am Einsatzort des IR bzw. extern, d. h. in der Arbeitsvorbereitung) sowie nach der Programmierart in manuelle und maschinelle Verfahren unterteilt.

Programmierung, akustische: mündliche Eingabe von Programmen in einen hörenden Automaten, z. B. einen Roboter, in einer Programmiersprache oder in natürlicher Sprache. Die automatische Spracherkennung ist ein sehr kompliziertes Problem, weil Silbentrennung, Betonung, sprechabhängige Besonderheiten u. a. sicher beherrscht werden müssen. Die Entschlüsselung

erfolgt über ein Gerät zur Sprachanalyse. Der Programmierer wird durch die a. P. von Schreibarbeit befreit, muß aber wie bei Verwendung einer Programmiersprache diese wie bei der textuellen Programmierung erlernen.

Programmierung am Einsatzort, on-line-Programmierung, direkte Programmierung: Programmierung von IR, bei der das Handhabeprogramm unmittelbar am Roboter erstellt und eingegeben wird. Besondere Bedeutung hat hierbei die ↗ Teach-in-Programmierung. Daneben werden, insbesondere für relativ geringe Ansprüche, Programmierverfahren unter Zuhilfenahme elektromechanischer bzw. pneumomechanischer Eingabemittel (↗ Ablaufprogrammierung) angewendet. Vgl. Kodierschalter, Programmwalze, Steckerfeld.

Programmierung, direkte ↗ Programmierung am Einsatzort.

Programmierung, externe, indirekte Programmierung, off-line Programmierung: Bezeichnung für IR-Programmierverfahren, bei denen das Handhabeprogramm nicht am Arbeitsplatz des IR erstellt wird. Dazu gehören solche Verfahren, bei denen das Programmieren durch mechanisches oder elektrisches Anfertigen von Programmträgern erfolgt bzw. Roboterprogrammiersprachen angewendet werden (↗ Steuerung, austauschprogrammierbare).

Die e. P. ist i. allg. mit einem höheren Aufwand als die Programmierung am Einsatzort des IR verbunden. Wesentliche Gründe für die zunehmende Bedeutung der e. P. sind der zunehmende Kompliziertheitsgrad bestimmter IR-Einsatzfälle und keine oder keine längere Unterbrechbarkeit des Fertigungsablaufes durch die Programmierung.

Programmierung, indirekte ↗ Programmierung, externe.

Programmierung, hybride: Programmierung eines IR in einer ↗ Programmiersprache, die durch Ermittlung von Weg- und Winkelsollwerten am Einsatzort des IR gestützt wird. Bevorzugt wird hier die indirekte Teach-in-Programmierung. Die h. P. stellt eine Mischform von externer Programmierung und Programmierung am Einsatzort dar.

Programmierung, interaktive: Form der Programmierung eines IR in einer Programmiersprache, bei der der ↗ Dialogbetrieb mit einem Rechner als ↗ Programmierhilfe angewendet wird. Die nach jedem Befehl möglichen Alternativen sind z. B. als Strukturgraph gespeichert und werden vom Anwender im Dialog ausgewählt. Die i. P. wird bei umfangreichen hochflexiblen Anforderungen an den Einsatz des IR angewendet.

Programmierung, interne ↗ Betriebssystem.

Programmierung, manuelle: Programmierart, bei der das Handhabeprogramm manuell durch Herstellung pneumatischer oder elektrischer Verbindungen auf einem Buchsenfeld (↗ Steckerfeld, ↗ Programmkarte) oder einer Programmwalze erzeugt wird.

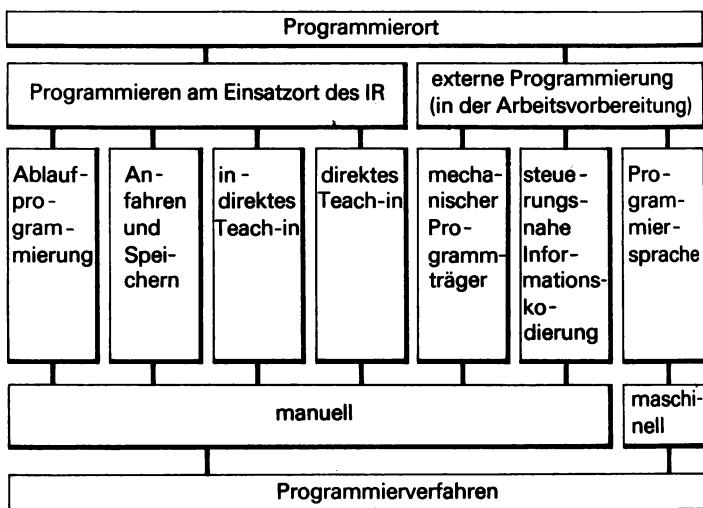
Programmierung, mechanische, mechanische Programmspeicherung: Programmierart, bei der das Handhabeprogramm in einem mechanischen Programmspeicher, z. B. Kurvenscheibe, Programmwalze, enthalten ist.

Programmierung, textuelle: Bezeichnung für die Erstellung eines Handhabeprogramms in Form eines lesbaren Textes. Der Begriff wird bevorzugt in Verbindung mit der Anwendung von Roboterprogrammiersprachen gebraucht. Ein *Programmtext* kann manuell oder maschinell (↗ Assembler, ↗ Compiler, ↗ Interpreter) in die elementaren Steueranweisungen über-

setzt werden. T. P. erfolgt bevorzugt in der Arbeitsvorbereitung (↗ Programmierung, externe). Dies ist jedoch nicht Bedingung.

Vorteile der t. P. sind ein lesbares Programm, das ohne IR erstellt-, kontrollier- und leicht änderbar ist. Künftig wird die t. P. um grafische Verfahren, d. h. ↗ Simulationssysteme zur Kontrolle und Testung, bereichert.

Programmierverfahren, Programmierart: Methodik zur Erstellung von Handhabprogrammen und zur Eingabe in die IR-Steuerung. Man unterteilt in P. am Einsatzort, in externe P. sowie in manuelle und maschinelle P. Das P. muß eine wirtschaftliche Programmierung entsprechend den Anwenderbedingungen gewährleisten sowie die speziellen Erfordernisse des Betriebes von IR, z. B. Unterbrechbarkeit der Arbeit von IR für das Programmieren, berücksichtigen. Abb.



Gliederung der Programmierverfahren

Programminstruktionen ↗ Programmanweisungen.

Programmintpreter ↗ Interpreter.

Programmkarte: Matrixanordnung auf einer gedruckten Leiterplatte, bei der Kreuzungsstellen mit Dioden zu verbinden sind, wenn in einem bestimmten Programmschritt ein bestimmter Befehl bzw. eine bestimmte Information wirken soll. Die P. wird als Programmspeicher in die Steuerung eingesetzt. Für jedes Handhabprogramm ist eine entsprechende P. nötig. P. werden verwendet, wenn einfache Bewegungsabläufe zu steuern sind, die nur gelegentlich umgestellt werden müssen.

Programmkode: Kode, in dem ein Programm aufzustellen ist.

Programmkorrektur ↗ Redigieren.

Programmlänge: bei Handhabprogrammen eine Angabe in vereinbarten

Programmelementen, z. B. Zahl von Schritten bzw. Sätzen, Zeichen, Wörtern, Befehlen u. a. Die P. kann auch als Programmlaufdauer angegeben sein. Letzteres ist sinnvoll bzw. erforderlich, insbesondere bei ↗ Bahnsteuerungen mit ↗ Massenspeichern.

Programmsatz ↗ Satz.

Programmschritt ↗ Schritt.

Programmschrittgeber, *Sequenz*: Einrichtung, die zeitlich nacheinander die den einzelnen Schritten durch Programmierung zugeordneten Befehle und Anweisungen im Programmspeicher aufruft. Der P. ist wesentlicher Bestandteil der zentralen Informationsverarbeitung einer IR-Steuerung. Vgl. Ablaufsteuerung, Zeitplansteuerung.

Programmschrittzahl: Zahl der Schritte, aus denen ein Handhabeprogramm besteht. Als grober Richtwert für Maximalforderungen kann gelten: für einfache Beschickungsaufgaben $P. = 10^2$, Schweißen, Beschichten, Palettieren und für anspruchsvolle Beschickungsaufgaben $P. = 10^3$, Montage $P. = 10^4$.

Von Bedeutung ist die max. P., d. h. diejenige, die durch die Konstruktion oder das Betriebssystem der Steuerung für ein Handhabeprogramm als Maximalwert vorgegeben ist. Bei Steckerfeldern beträgt sie z. B. 100.

Programmselektion, *selbsttätige*: bei einem IR die selbsttätige Wahl zwischen unterschiedlichen Handhabeprogrammen oder Programmteilen. Sie erfolgt automatisch über externe Informationen, z. B. Signale aus Endschaltern. Die aufgerufenen Programme oder Programmteile werden durch diese Informationen selbst nicht verändert. Ein IR mit s. P. kann unterschiedliche Aufgaben in wechselnder Folge ohne menschlichen Eingriff ausführen.

Programmspeicher, *Speicher*: Einrichtung zur Aufnahme von Programmen. Dazu zählen bei Steuerungen die Arbeitsprogramme (das ↗ Anwendersystem, z. B. Handhabeprogramme), und bei speicherprogrammierten Steuerungen auch das ↗ Betriebssystem.

Als P. bei IR-Steuerungen kommen infrage: mechanische, elektro- und pneumomechanische P., wie Programmwalze, Kurvenscheibe, ↗ Steckerfeld, ↗ Schrittschaltwerk, Programmkarte; Halbleiterspeicher (RAM, ROM); magnetomotorische Speicher (Magnetband, ↗ Diskette); Magnetblasenspeicher. Lochkarte, Lochband, Magnettrommel und -platte werden als P. in IR-Steuerungen wenig eingesetzt, finden aber z. T. Verwendung als externe P. zur Archivierung von Handhabeprogrammen. Rechnersteuerungen benötigen zusätzlich zum P. noch einen Arbeitsspeicher.

Programmspeicherkapazität: Größe des Programmspeichers für gleichzeitig speicherbare Handhabeprogramme. Eine anwendungsbezogene Bewertung hängt von der Art des Programmspeichers ab. Bei ↗ Steckerfeldern ist z. B. i. allg. nur ein Handhabeprogramm speicherbar. Die P. bezieht sich hier auf die max. mögliche Zahl der Programmschritte und der Befehle bzw. Anweisungen. Bei Halbleiter- oder magnetomotorischen Speichern wird die P. durch die Zahl der speicherbaren Zeichen bestimmt. Zahlenangaben zu speicherbaren Haupt- und Unterprogrammen beziehen sich hier auf die mögliche Zahl der durch die Steuerung zu verwaltenden Programme und

sind nur bedingt, d. h. nur in Verbindung mit den tatsächlichen Programmlängen ein Maß für die P.

Programmspeicherung, mechanische ↗ **Programmierung, mechanische.**

Programmsteuerung: Bezeichnung für eine Steuerung, die eine technologische Einrichtung nach einem Programm (Anwendersystem) steuert, welches in die Steuerung eingegeben und gegebenenfalls in ihr gespeichert wird.

Programmstrukturelemente: Sprachelemente einer IR-Programmiersprache, die zur Beschreibung von Trajektorien, Werkstückgeometrien, Sensordaten, Programmstrukturen, Programmablaufsteuerung und arithmetischen Operationen dienen. Dazu gehören Beschreibungselemente wie Geometrie-, Ablauf-, Kontroll-, Überwachungs- und Kommunikationsanweisungen sowie Elementaranweisungen wie Ausgabe-, Eingabe-, Stör- und Fehler-, Sensor-, logische, Schleifen-, Sprung-, Bahn-, Geraden-, Flächen-/Raum-/Punktanweisungen und auch solche zum Notverhalten, zu Stopp- und Programmunterbrechungen.

Programmverzweigung ↗ **Verzweigung.**

Programmwalze: Einrichtung zum Speichern von Programmen. Sie besteht aus einer mechanischen Walze, auf der auf dem Umfang Bahnen angeordnet sind, in denen sich z. B. verstellbare Nocken befinden. Diese betätigen bei intermittierender Bewegung der Walze elektrische Kontakte, wodurch die Programminformationen in Steuerbefehle umgesetzt werden. P. werden in der IR-Technik wenig angewendet. Eine spezielle Ausführungsform der P. ist das Kugelschrittschaltwerk.

Programmzähler, Befehlszähler: spezielles Register (Arbeitsspeicher) in einer IR-Rechnersteuerung. Der P. enthält die Adresse der laufenden Instruktionen, die vom Informationsspeicher geholt wird. In der Phase der Befehlsaufstellung, d. h. nach Holen und Entschlüsseln des Befehlskodes, wird der P. unter Beachtung von Mehrbytebefehlen und Sprüngen auf die Adresse des Folgebefehls eingestellt.

PROLOG [Abk. für *Programmieren in Logik*]: eine der höchstentwickelten Programmiersprachen für Künstliche-Intelligenz-Systeme, d. h. Systeme, die lernen, Wissen zu verarbeiten und Probleme zu lösen. PROLOG wurde 1971 von A. Colmerauer an der Universität Marseille (Frankreich) eingeführt und an der Universität Edinburgh (Großbritannien) weiterentwickelt.

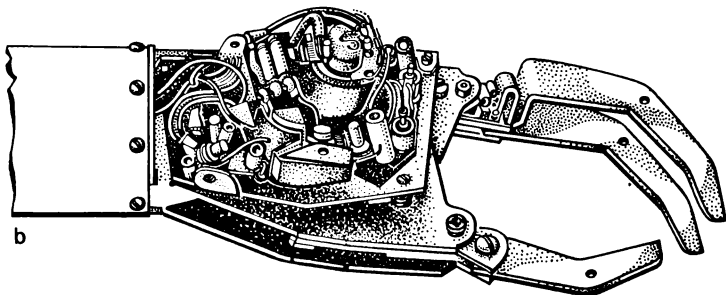
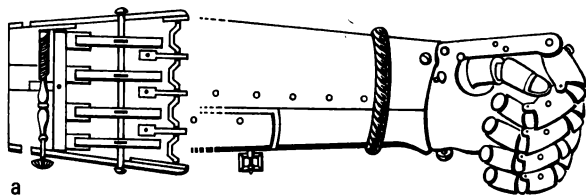
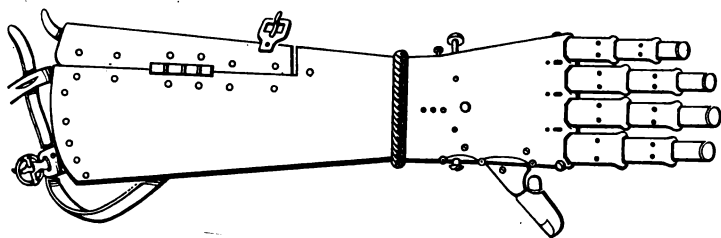
PROM [engl., Abk. für *programmable* ↗ *ROM*]: Halbleiterspeicher, der vom Anwender durch Einsatz spezieller elektrischer Programmiergeräte programmiert werden kann. Sein Inhalt kann danach nur gelesen und nicht mehr vom Mikroprozessor verändert werden. Die Informationen bleiben auch nach dem Abschalten des Mikrorechners erhalten.

Proportionalinterpolation: Interpolationsart, bei der die Errechnung von Zwischenpunkten zwischen programmierten Punkten proportional zum programmierten Punktabstand der einzelnen Achsen, dargestellt in ↗ Roboterkoordinaten, erfolgt. Damit erreichen alle an der Bewegung beteiligten Achsen gleichzeitig den programmierten Endpunkt. Im Fall von kartesischen Roboterkoordinaten ergeben sich Geraden, bei Drehgelenkrobotern wegen der bogenförmigen Bewegungselemente Abweichungen von der Geraden (sogenannter Linearisierungsfehler). Häufig wird der Achse mit dem größ-

ten Punktabstand (*Leitachse*) die programmierte Verfahrensgeschwindigkeit zugeordnet und die Geschwindigkeitskomponenten der anderen Achsen werden im Verhältnis der Punktabstände umgerechnet. Geforderte Bewegungen des Arbeitsorgans auf Geraden bzw. mit konstanter Bahngeschwindigkeit sind exakt nicht realisierbar. Die annähernde Erfüllung dieser Forderungen verlangt erhöhten Aufwand bei der Programmierung der Bewegungsbahnen (einen ausreichend geringen Punktabstand).

Prothese [griech.]: körpernahe technische Hilfe, die dem Menschen als funktioneller bzw. kosmetischer Ersatz für verlorene Gliedmaßen u. a. Körperteile dient. Viele Probleme, die mit der Funktionsfähigkeit von Arm- und besonders Hand-P. bestehen, sind denen bei der Konstruktion von Fingergreifern für IR ähnlich.

Prothesenhand: technische Nachbildung der Hand. Ein interessantes Zeugnis spätmittelalterlicher Handwerkskunst ist die P. des Ritters *Götz von Ber-*



Prothesenhand: *a* Eiserne Hand des Götz von Berlichingen, *b* Aufbau einer angetriebenen Prothese

lichingen (1480 bis 1562). Im Jahre 1916 stellte der deutsche Chirurg Prof. *Sauerbruch* eine greiffähige Armprothese vor, die durch die noch vorhandene Kraft der Muskelreste des Amputationsstumpfes bewegt werden konnte. Neuartige Prothesenhände wurden möglich, als es 1947 *Reiter* gelang, Bioströme für deren Steuerung nutzbar zu machen. Vgl. Bio-Hand. Abb.

Prothetik [griech.]: Gesamtheit der technischen Mittel und Verfahren zum Ersatz fehlender Körperteile durch Prothesen. Besonders bei der Entwicklung von Prothesenhänden gibt es einige analoge Probleme zur IR-Technik.

Prozeß: gesetzmäßig in einem System verlaufender Vorgang. Die Anwendung der IR-Technik ist auf die Erhöhung der Effektivität des Produktionsprozesses gerichtet. Der Produktions-P. umfaßt den Arbeits-P., bei dem Produzenten mit Hilfe der Arbeitsmittel Arbeitsgegenstände verändern, die Zeit, in der natürliche Prozesse das neue Produkt veredeln sowie die organisatorisch bedingten Lagerzeiten. Technologische Roboter werden im Haupt-P. und Transportroboter z. B. im Hilfs-P. eingesetzt. Hilfsprozesse unterstützen den Haupt-P. durch verschiedene Leistungen. Sie helfen den reibungslosen Ablauf der Produktion sichern.

Wichtige Voraussetzung für die Einführung moderner Handhabetechnik ist eine *P.analyse*.

Prozeßanalyse: wissenschaftlich-technische und ökonomische Untersuchung eines existierenden oder im Entwurf bzw. der Realisierung befindlichen Prozesses hinsichtlich seiner Verbesserungsfähigkeit. Sie hat das Ziel der Ermittlung von Schwachstellen sowie der Herausarbeitung von Lösungsvorschlägen zu ihrer Beseitigung und die Formulierung von Forschungs- und Entwicklungsaufgaben zur Beseitigung der Schwachstellen, falls der notwendige Umfang zur Erarbeitung der Lösungsvorschläge den Rahmen der P. sprengen würde bzw. zusätzlicher Entscheidungen bedarf.

Die Zustandsanalyse ist die erste Phase einer P. und beinhaltet die qualitative und quantitative Untersuchung aller prozeßbestimmenden und innerhalb des Prozesses auftretenden funktionalen und sonstigen Zusammenhänge. Eine komplexe P. muß stets auch komplexe Lösungsvarianten zum Einsatz von Handhabeeinrichtungen enthalten.

prozeßflexibler Industrieroboter ↗ Industrieroboter, prozeßflexibler.

Prozeßkommunikation: funktioneller Bestandteil einer IR-Steuerung, der das Zusammenwirken des IR mit dem Prozeß (Bearbeitungsmaschinen, Werkstückspeicher, Transporteinrichtungen u. a.) steuerungsmäßig sicherstellt. Die P. besteht aus den Komponenten Anschlußschaltungen für Informationen aus dem bzw. zum Prozeß sowie den Verknüpfungsbedingungen für das Zusammenwirken der Aktionen des IR und der Prozeßbestandteile zu einem geschlossenen Arbeitsablauf. Die P. wird mitunter auch als *Aktionssteuerung* bezeichnet.

Prozessor: 1. Bezeichnung für denjenigen Teil eines Übersetzungsprogramms (↗ Compiler), der ein in einer höheren Sprache erstelltes Handhabeprogramm, Bearbeitungsprogramm o. ä. in ein allgemeines weiterverarbeitbares Maschinenprogramm oder in einen maschinennahen Code

übersetzt. Die Anpassung an den speziellen technologischen Einsatzfall erfolgt in einer zweiten Übersetzungsstufe durch einen Post-P. Die Anwendung des Begriffs erfolgt hauptsächlich im Zusammenhang mit der maschinellen Programmierung numerisch gesteuerter Werkzeugmaschinen, auch als NC-P. bezeichnet. – 2. andere Bezeichnung für die ↗ Zentralverarbeitungseinheit.

Prozeßrechner: digitale Rechneinrichtung zum Steuern und Automatisieren technologischer Prozesse. Besondere Merkmale von P. sind das Vorhandensein von Ein- und Ausgabeschaltungen von bzw. zum Prozeß sowie die Arbeitsweise im ↗ Echtzeitbetrieb.

Prozeßschnittstelle: Schnittstelle (↗ Interface), über die eine freiprogrammierbare IR-Steuerung mit der Maschine bzw. Maschinensteuerung und mit der Prozeßperipherie des IR verbunden ist, wie Palettentakt-, Sicherheits-, Meß- und Prüf-, Zuführeinrichtungen. Als Eingangssignale können z. B. digitale Signale (Relaiskontakt, kontaktlose Signale) vorliegen sowie Eingangssignale der Wegmeßsysteme als Inkremente oder analoge Signale. Als Ausgangssignale sind an der P. erforderlich: Digitalausgaben als Relaiskontakt der Steuerung oder als kontaktlose Ausgänge, Digitalausgaben mit Leistungsverstärkung zur Ansteuerung schaltender Antriebe, Analogausgabesignale zur Ansteuerung von (Drehzahl-) Regelantrieben als analoges Sollwertsignal für externe Drehzahlregelbaugruppen oder als analoges Stellsignal für Antriebsmotoren, falls die Regelbaugruppe in die Steuerung integriert ist.

Prozeßsensor: Sensor, der in der Lage ist, Prozeßparameter zu erfassen. Mit den ermittelten Werten wird dann regelungstechnisch auf die Führung des Prozesses eingewirkt. Bei ↗ Lichtbogenschweißrobotern können z. B. folgende Aufgabenkomplexe infrage kommen: Energiefluß (Schweißspannung, -strom, elektrische Energie), Werkstückeinfluß (Wärmehaushalt, Nahtvorbereitung, Schweißgeschwindigkeit), Zusatzwerkstoff (Schweißdraht, -pulver, Schutzgas), Schweißergebnis (Zünden des Lichtbogens, Schmelzbad- und Schweißnahtgeometrie, Nahtfehler, Bauteilverformung), Überwachung der Gerätetechnik (Stromquelle, Brenner, Zusatzgeräte).

prozeßspezifischer Industrieroboter ↗ Industrieroboter, prozeßspezifischer.

Prozeßüberwachung ↗ Überwachung.

Prüfbit: Zeichen in einem binären Kodewort, das ausschließlich der Fehlererkennung oder der Fehlerkorrektur dient, ohne an der eigentlichen Informationsdarstellung beteiligt zu sein.

Prüfen: Vergleichen zwischen Soll- und Istgrößen zur Bestimmung der Brauchbarkeit und Einsatzfähigkeit von Gegenständen, Aggregaten und Systemen. Als Handhabeoperation bezeichnet P. die Kontrolle von Ort-Zeit-Bedingungen und Gleichheit von HHO für Steuerungszwecke durch Feststellen der Anwesenheit und bzw. oder der Lage sowie Identität von Objekten.

Prüfgrößen: für die Abnahme, Untersuchung und den Vergleich von IR notwendige Kennwerte. Sie lassen sich in die Hauptgruppen geometrische, statische, kinematische, dynamische und thermische Größen zusammenfas-

Größen im Prüfprogramm für Industrieroboter (nach Brodbeck)

Bezeichnung	Meßgröße Bezeichnung	Einheit	Einzelwerte statistisch registriert
kinematische Größen			
Verfahrzeit	Hub-, Zykluszeit	s	statistisch
<i>Geschwindigkeit</i>			
Geschwindig- keitsverlauf	3-D-Beschleunigung integriert	m/s	registriert
max. Geschwin- digkeit	3-D-Beschleunigung integriert	m/s	registriert
mittlere Ge- schwindigkeit	Weg-, Zeitmessung	m/s	statistisch
<i>Beschleunigung</i>			
Beschleuni- gungsverlauf	3-D-Beschleunigung	m/s ²	registriert
max. Beschleu- nigung	3-D-Beschleunigung	m/s ²	registriert
dynamische Größen			
<i>Kraft</i>			
Greifkraft	Kraft zwischen den Greifflächen	N	Einzelwerte
Bewegungskraft	Kraft, Beschleu- nigung oder Impuls	N m/s ²	Einzelwerte oder re- gistriert
Programmierkraft	Kraft	N	Einzelwerte
Traglast	Kraft	N	Einzelwerte
<i>Nachgiebigkeit</i>			
Erregerkraft	Kraft	N	registriert
Schwingung	Amplitude	mm	registriert
Frequenz	Anzahl der Schwingungen	Hz	registriert

statisch Zyklus Prüfzyklus	Parameter Hub in %	Bela- stung in %	Geschwin- digkeit in %	Prüfziel
Prüfzyklus	–	0	20	Arbeitszyklus, Taktzeit
Zyklus	50	0 50 100	20 50 100	Analyse von Arbeits- zyklen, Reproduzierung der Geschwindigkeit, Taktzeit
Zyklus	100	0 50 100	100	Überprüfen der Hersteller- angaben
Zyklus	50	0 50 100	20 50 100	Überprüfen der Hersteller- angaben, Taktzeit
Zyklus	50	0 50 100	20 50 100	Darstellen des Regelver- haltens, Ausschwingen
Zyklus	100	0 50 100	100	Beschleunigungsspitzen z. B. zum Bestimmen der Greifkräfte
statisch	–	–	–	Bestimmung der Halte- kräfte, anwendungs- spezifisch
statisch oder Prüfzyklus	100	100	100	Kräfte bei Kollision (Ar- beitssicherheit), Be- arbeitungskräfte
statisch	0...100	–	–	Bestimmung der aufzubrin- genden Kräfte beim Pro- grammieren in „teach in“
Prüfzyklus	100	0...150	100	Überprüfen der Hersteller- angaben
statisch	–	–	–	Ermittlung der
statisch	–	–	–	dynamischen
statisch	–	–	–	Steifigkeit, Bestimmen von dynamischer Nachgie- bigkeit, Dämpfung, Resonanzfrequenz

Größen im Prüfprogramm für Industrieroboter (nach Brodbeck)

Bezeichnung	Meßgröße Bezeichnung	Einheit	Einzelwerte statistisch registriert
Leistungs- und Schallgrößen			
<i>Leistung</i>			
elektrisch	Spannung Strom	VA	Mittelwert Maximalwert registriert
pneumatisch	Druck Durchfluß	N/m ² m ³ im Norm- zustand	Mittelwert Maximalwert registriert
hydraulisch	Druck Durchfluß	N/m ² m ³ im Norm- zustand	Mittelwert Maximalwert registriert
<i>Schall</i>			
Schalldruck	Druck	$\mu\text{N/m}^2$	registriert Maximalwert
Schallpegel	Pegel = logarith- miertes Größen- verhältnis	dB	registriert Maximalwert
Schallfrequenz	Frequenz	Hz	registriert
thermische Größen			
Temperatur	Temperaturverlauf	°C	registriert

sen. P. werden in solche unterschieden, die bei jedem fertiggestellten IR und solche, die nur am Fertigungsmuster zu ermitteln sind. 2 Tab.

Prüfstand: ein mit Meß- und Prüfgeräten ausgestatteter Platz, an dem Prüf- und Kenngrößen für einen IR nach einem Prüfprogramm ermittelt werden. Die Ermittlung von Meßwerten dient dem Qualitätsnachweis, der Aufdeckung von Schwachstellen und dem Vergleich mit anderen Fabrikaten.

Prüfsumme: durch einen bestimmten mathematischen Algorithmus aufbereiteter Speicherinhalt, dessen Ergebnis eine für diesen charakteristische, als P. bezeichnete Zahl ist. Die P. wird zur Erkennung von Fehlern bei der Übertragung, Speicherung und Verarbeitung von Informationen benutzt. Beim Programmieren von Speicherschaltkreisen wird die P. z. B. automatisch ermittelt. Im Zuge der Einschalt diagnose wird die P. abermals bestimmt und verglichen; eine Abweichung deutet auf einen Fehler (Verfälschung des Speicherinhalts) hin. Ein einfacher Algorithmus zur P.nbildung

statisch Zyklus Prüfzyklus	Parameter Hub in %	Bela- stung in %	Geschwin- digkeit in %	Prüfziel
Prüfzyklus	0...100	50 100	20 50 100	Leistungsbilanz Betriebskosten Anschlußdaten
Prüfzyklus	0...100	50 100	20 50 100	Betriebskosten Anschlußdaten
Prüfzyklus	0...100	50 100	20 50 100	Leistungsbilanz Anschlußdaten
Prüfzyklus	100	100	100	Ermittlung der Schall- emission, Sicherheitsvor- schriften
Prüfzyklus	100	100	100	
Prüfzyklus	100	100	100	
Prüfzyklus	50	100	50 100	Temperaturverlauf von Medien und Komponenten begleitend zu Langzeit- messungen

besteht darin, die Bitsumme aller Wörter des Speicherinhaltes zu addieren und den Wortbreitenübertrag zu ignorieren. Dieser Algorithmus bietet aber keine absolute Sicherheit zum Erkennen aller möglichen Fehler. Moderne Verfahren berücksichtigen deshalb auch die Bitfolge (durch sogenannte Polynomdivision), wodurch die am häufigsten vorkommenden Einfachfehler (ein Bit im Wort ändert sich) mit Sicherheit und die seltenen Mehrfachfehler mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit erkannt werden.

Prüfzyklus: ein- oder mehrfaches Anfahren (Reproduzieren) eines Raumpunktes durch das Arbeitsorgan eines IR im Rahmen der Ermittlung von geometrischen Prüfgrößen. Die Bewegungsachsen sollen in einer definierten Folge oder, wenn durchführbar, simultan bewegt werden.

PS: Abk. für *programmierbare Steuerung*. ↗ Steuerung, programmierbare.

PSE: Abk. für *programmierbare Steuereinrichtung*. ↗ Steuerung, programmierbare.

Prüfgrößen für Industrieroboter

geometrische Größen	statische Größen	kinematische Größen	dynamische Größen	thermische Größen
Arbeitsraum	Handhabekräfte	Funktionsablaufzeit	Energie- und Leistungsgrößen	Temperatur der Komponenten
Positionierverhalten	Verlagerungen	Geschwindigkeitsverhalten	Schalleistungspegel	
Bahnabweichung		Beschleunigungsverhalten	Schwingungsverhalten	
Anlaufverhalten		Not-Aus-Verhalten		

PTFE [Abk. für *Polytetrafluorethylene*]: thermoplastischer Werkstoff (Polymerisat des Tetrafluorethylens), der sich hervorragend als Gleitlagerlaufschicht verwenden läßt.

PTP [engl., Abk. für *point-to-point*]: Punkt-zu-Punkt-Steuerung. ↗ Punktsteuerung.

Puffer ↗ Werkstückspeicher.

Pulsgeber: Meßgeber zur inkrementalen Wegpositionserfassung. Vgl. Inkrementalgeber, Positioniersensor, Wegmeßsystem.

PUMA [engl., Abk. für *programmable universal machine for assembly*]: 1. programmierbare universelle Maschine für Montagezwecke. – 2. Firmenbezeichnung für einen amerikanischen Montageindustrialroboter.

Punkt, charakteristisch: bestimmter Punkt eines HHO oder Greifers, der zur Beschreibung der Bewegung eines Roboters benutzt wird.

Punktprogramm: vom Anwender eines IR mitunter verwendeter Begriff für ein Programm, welches sich ergibt, wenn über einen längeren Zeitraum gleiche Anfangs-, Zwischen- und Endpositionen angefahren werden. Vgl. Punktsteuerung.

Punktschweißroboter: Industrieroboter, der in der Lage ist, das Fügeverfahren Widerstandspunktschweißen auszuführen. Um eine beliebige Orientierung und Positionierung der Punktschweißzange mit Ein- oder Mehrpunktschweißelektroden im Arbeitsraum durchführen zu können, sind 6 unabhängige Bewegungen erforderlich. Die Bewegungsachsen können auch in periphere Vorrichtungen, wie Kippdrehtische, verlagert werden. Für P. werden Punktsteuerungen eingesetzt. Der P. muß oft über eine beachtliche Tragfähigkeit verfügen, weil neben der Zange, oft mit großer Ausladung, auch das dicke Schweißstromkabel und der Kühlwasserschlauch mitbewegt werden müssen. Man hängt deshalb die Schweißwerkzeuge auch an Aus-

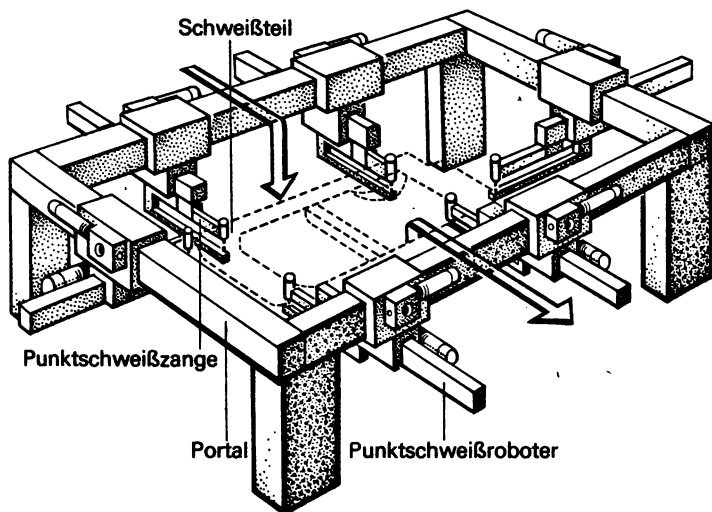
gleichsfederzügen auf. Vgl. Lichtbogenschweißroboter, Schweißroboter. Abb.

Punktschweißwerkzeug, Punktschweißzange: Schweißbügel, der eine feste Elektrode und eine bewegliche trägt. Die bewegliche Elektrode bringt die Anpreßkraft auf, mit der der beim Stromübergang teigig werdende Werkstoff zusammengepreßt wird. Sie hat oft einen Kurzhub für das Punktschweißen und einen langen Vorhub zum Passieren von Hindernissen. Seit 1966 werden P. mit großem Erfolg von IR geführt und vor allem im Automobilbau eingesetzt. Um das P. aufgabengerecht bewegen zu können, muß der IR den Getriebefreiheitsgrad 6 aufweisen. Oft ist der Schweißtransformator in das P. integriert.

Punktschweißzange ↗ **Punktschweißwerkzeug.**

Punktsteuerung, PTP, Punkt-zu-Punkt-Steuerung: Steuerung der Position und Orientierung des Arbeitsorgans von einer Ausgangslage in eine definierte Endlage, wobei ein funktioneller Zusammenhang für die Bewegung der beteiligten Achsen von der Steuerung nicht vorgegeben wird. Die Bewegungsbahn (Robotertrajektorie) bestimmt sich aus voneinander unabhängigen Bewegungskomponenten der Bewegungsachsen und deren Bewegungsfreiheit. Sie wird von der Steuerung nicht kontrolliert.

Die P. als Form der Bewegungssteuerung dient als Begriffsbezeichnung für eine entsprechende IR-Steuerungsart. P.en können als nichtnumerische Steuerung und numerische Steuerung realisiert sein. Sie werden in der Praxis vorzugsweise für Beschickungsaufgaben mit IR der Struktur SSS und DSS sowie für Bearbeitungs- und Montageaufgaben bei IR mit überwiegend translatorischen Hauptachsen eingesetzt.



Punktschweißroboter in Portalbauweise

Punktsteuerung, nichtnumerische: Bezeichnung für die ↗ Punktsteuerung eines IR, für die die Merkmale einer numerischen ↗ Steuerung nicht zutreffen. Vgl. nichtnumerische Steuerung.

Punktsteuerung, numerische: Punktsteuerung für IR mit den Merkmalen einer ↗ numerischen Steuerung. Ihr Einsatz erfolgt hauptsächlich für IR mit überwiegend translatorischen Hauptachsen für anspruchsvolle Beschickungs- und Montageaufgaben.

Punktzugriff: Vorgang, bei dem Bewegungsvermögen und Steuerung einem IR nur das Erreichen eines Fixpunktes erlauben. Alle aufzunehmenden Werkstücke müssen dann durch einen aktiven Werkstückspeicher zu diesem Aufnahmeort gebracht werden.

Punkt-zu-Punkt-Steuerung: 1. ↗ Punktsteuerung. – 2. ↗ Punktsteuerung, numerische.

PWP [engl., Abk. für *programmable weld positioner*]: programmierbarer Schweißmanipulator. Vgl. Kipptisch.

Pyrodetektorzeile: linienförmige Anordnung von elementaren Pyrosensoren mit z. B. 16 bis >128 Elemente mit je 100 µm bis 1 mm Durchmesser und Abstand.

Pyrosensor: Sensor, bei dem der Energieformwechsel im Sensorelement auf der Nutzung der Temperaturabhängigkeit des piezoelektrischen Effekts beruht (↗ Piezosensor). Er wird bevorzugt als Infrarotstrahlungsempfänger zum Erfassen von Oberflächentemperaturen eingesetzt, detektiert jedoch auch andere Strahlungsarten, wie z. B. Röntgenstrahlen, Dezimeter-Wellen, Protonen-, Neutronen- und Elektronenstrahlen. Der P. kann prinzipbedingt nur Temperaturänderungen erfassen. Sollen Objekte mit konstanter Oberflächentemperatur abgebildet werden, so müssen entweder eine Relativbewegung zwischen Sensor und Objekt oder eine rhythmische Unterbrechung des Strahlungsempfängers erfolgen. Vgl. Infrarotsensor.

Q

Quadrantendetektor: positionsempfindlicher Sensor, dessen Empfangsoberfläche in Einzelflächen gegliedert ist, z. B. ↗ Vierquadrantendiode, und der Informationen über die Lage des Einfallortes von z. B. Photonen liefert.

Quadrupede [lat.]: Vierfüßer, vierfüßiges Landwirbeltier. In der Robotertechnik werden vierbeinige Schreitmaschinen als Q. bezeichnet. Sie dienen bisher nur Forschungszwecken. Vgl. Hexapode.

Qualitätssicherung: Gesamtheit an Maßnahmen, Methoden und Verfahren, durch die die Durchsetzung und Einhaltung von Qualitätsfestlegungen mit geringstnotwendigem gesellschaftlichem Arbeitsaufwand gewährleistet wird. Es sind vor allem folgende Aufgaben zu lösen: Festlegung der Qualitätsziele, Schaffung von Voraussetzungen zur Realisierung, Bestimmung der erforderlichen Qualitätskontrollen sowie Einführung und Realisierung ei-

nes Q.ssystems auf der Basis eines Qualitätsmodells. In bedienlosen Fertigungsabschnitten ist die Q. von ausschlaggebender Bedeutung für die Leistungsrealisierung.

Qualitätssicherungseinrichtung: Einrichtung, die ohne zeitgebundenes Zutun von Bedienkräften das Fertigungsergebnis z. B. an einem IR-Arbeitsplatz überwacht, so daß die Anlage längere Zeit sich selbst überlassen bleiben kann. Die Überwachung kann sich direkt auf den Werkstückzustand beziehen (Abmessungen, Form, Oberfläche, Lage u. a.) oder indirekt auf das Werkzeug (Verschleiß, Bruch, Werkzeugausgangsgeometrie u. a.), die Maschine (Spiel, Kühlmittel, thermische Einflüsse u. a.), die Umwelteinflüsse (Strahlung, Schwingungen, Raumtemperatur u. a.) und auf die Prozeßkenngrößen (Vorschub, Drehzahl, Spannkraft u. a.).

Qualitätssicherungssystem: System der Leitung für die Qualitätssicherung, -erzeugung und -erhaltung der Erzeugnisse und der Produktion auf der Grundlage eines effektiven Meßwesens.

Quarzsäulensensor: piezoelektrischer Kraftsensor, dessen Wandler aus einer Säule von Quarzscheiben besteht. Die Scheiben werden mit jeweils entgegengesetzter Polarität so gestapelt, daß sie kraftmäßig in Reihe, elektrisch aber parallel geschaltet sind. Die abnehmbare elektrische Ladung ist proportional der auf die Fläche wirkenden Schubkraft.

Quasifließgut ↗ Fließgut.

Quellcode ↗ Quellprogramm.

Quellprogramm, Quellcode: in der Rechentechnik verwendete Bezeichnung für die Notierungsform (Quellsprache) eines Programms.

R

RAA [engl., Abk. für *remote axis admittance*]: ferngesteuerte Achsenführung; allgemeine Bezeichnung für eine Montageeinrichtung, die selbsttätig die beim Fügen erforderlichen Feinbewegungen ausführt.

Radialarm: Arm eines IR, der z. B. im Gegensatz zu einem ↗ Faltarm radial in waagerechter Ebene ein- bzw. ausfahren kann. Ein zusätzlich um die Achsen A und C schwenkbarer R. ergibt einen kugel- bzw. zylinderförmigen Arbeitsraum.

RAIL [engl., Abk. für *robot automation inc. language*]: anwenderfreundliche PASCAL-ähnliche Programmiersprache. Sie wurde 1981 in den USA entwickelt und hat Schnittstellen für Kameras, kann Bilderkennungssysteme ansprechen und stellt bei der visuellen Erkennung Objektmerkmale fest.

RAM [engl., Abk. für *random-access memory*]: Schreib-Lese-Speicher, Direktzugriffsspeicher. RAM ist ein Halbleiterspeicher in der Mikrorechenstechnik, der für die Zwischenspeicherung von Arbeitsdaten bzw. von im Test befindlichen Programmen u. a. verwendet wird. Bei Abschaltung oder Netzausfall geht der Speicherinhalt verloren.

RAPT [engl., Abk. für *robot automatically programmed tools*]: Bezeichnung für eine vom Artificial Intelligence Laboratory der Universität Edinburgh (Großbritannien) 1978 aus der numerischen Sprache $\nearrow$ APT entwickelte Programmiersprache für Montageindustrieroboter. Die Sprache RAPT konzentriert sich auf den Aufbau von mathematischen Umweltmodellen sowie die Beschreibung von räumlichen Relationen der im Modell enthaltenen Körper untereinander.

Raumprogramm: Programm, das das Anfahren beliebig im $\nearrow$ Arbeitsraum verteilter, geometrisch bestimmter Positionen durch einen IR gewährleistet. Vgl. Punktsteuerung.

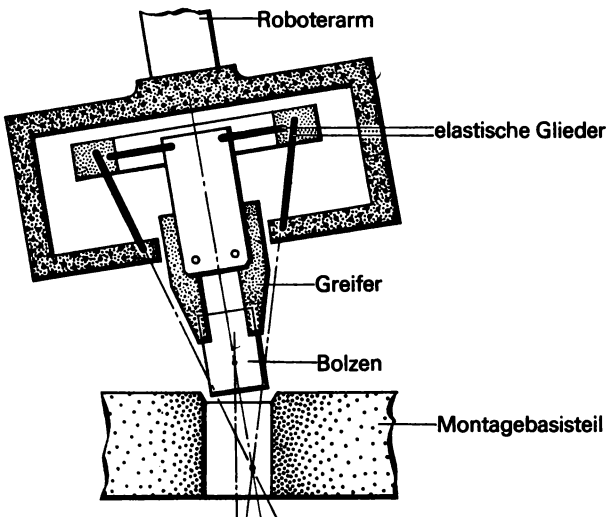
Rauheitssensor $\nearrow$ Oberflächensensor.

RCC-System [engl., Abk. für *remote center compliance*]: Fügemechanismus, der durch mechanische Gelenke aus Federstahl oder Elastomeren begrenzte Positionsunterschiede der Fügeteile durch Verlagerung um den Momentanpol der Drehbewegung auszugleichen vermag. Die Einrichtung verfügt somit über eine passive Nachgiebigkeit ohne Signalverarbeitung in einer Steuerung. Abb.

Real-time-processing [engl.] $\nearrow$ Echtzeitbetrieb.

rechnergeführte Regelung, Abk. RGR: automatische Steuerung, bei der ein Rechner als Einrichtung zur Steuerung die Werte der $\nearrow$ Führungsgrößen für die untergeordneten Regelungen errechnet.

rechnerintegrierte numerische Steuerung, **CNC**: numerische Steuerung mit einem oder mehreren Rechnern, hauptsächlich Mikrorechnern. Numerische Steuerungen für IR ($\nearrow$ Punktsteuerungen, $\nearrow$ Bahnsteuerungen) werden heute als CNC ausgeführt.



Fügen mit RCC-System

rechnerkompatibel: Eigenschaft von technischen Systemen, wie Steuerungen, Meßeinrichtungen, Handhabeeinrichtungen, Maschinen oder Baugruppen, unmittelbar für den Rechner nutzbare Signale abzugeben bzw. vom Rechner kommende Signale zu verarbeiten.

Rechnersteuerung: allgemeine Bezeichnung für eine Steuerung, die einen oder mehrere ↗ Prozeßrechner (Klein- oder Mikrorechner) enthält.

Rechnerteil: Teil einer freiprogrammierbaren IR-Steuerung, der alle zu einem Rechner gehörigen Bauelemente auf z. B. steckbaren Kartenbaugruppen enthält. Die Bauelemente sind über eine Rückverdrahtung, ausgeführt in gedruckter Schaltungstechnik, miteinander verbunden. Die Verbindung der Kartenbaugruppen untereinander entsteht durch einen Systembus.

Redigieren: Bedienhandlung zum Zweck der Korrektur oder des Ändern (Erweiterung bzw. Streichung von Programmteilen) von Handhabeprogrammen, die in der IR-Steuerung gespeichert sind. Diese werden über Bedienelemente auf dem Bedienfeld bzw. dem Tableau der IR-Steuerung vollzogen. Sie sind in der Bedien- und Programmieranleitung festgelegt. Ihre zweckmäßige Durchführung erfolgt im ↗ Dialogbetrieb. R. kann eine ↗ Betriebsart des IR sein.

Redundanz [lat.]: funktionsbereites Vorhandensein von mehr als für die vorgesehene Funktion notwendigen technischen Mitteln. Die R. erhöht die Verfügbarkeit eines technischen Systems. Sie spielt auch bei der Informationsübertragung eine große Rolle.

Referenzbild: in visuellen Erkennungssystemen ein vorher einprogrammiertes (eingelerntes) Objektabbild, z. B. eines Werkstücks, mit dem jedes neu aufgenommene verglichen wird. Es dient somit als *Vergleichsmuster*. Besteht zwischen dem Objektabbild und dem R. hinsichtlich bestimmter Merkmale Übereinstimmung, so ist das Objekt, z. B. die Identität eines Werkstücks, „erkannt“.

Referenzkörper: geometrischer Körper, z. B. Würfel, Würfel mit Kerbe oder Kugel, der zur Prüfung geometrischer Größen eines IR im Greifer befestigt ist und in einen berührend oder berührungslos arbeitenden Meßkopf (2-D-Meßkopf, 3-D-Meßkopf) eingefahren wird. Für Bahnmessungen, bei denen eine Relativbewegung zwischen Meßkopf und R. Voraussetzung ist, kommen nur berührungslose Meßverfahren infrage.

Referenzpunkt: allgemein ein Bezugspunkt für eine Bewegungseinheit (im Raum bzw. auf der durch die Bewegungsfreiheit vorgegebenen Bahn). Der Begriff R. kann als Bezeichnung verwendet werden für: 1. den Bezugspunkt für die Bemaßung von Teilen (Nullung); 2. den Positionswert „Null“ bei Bewegungseinheiten mit ↗ Wegmeßsystemen (↗ Nullung); 3. einen bestimmten Punkt (Fixpunkt) eines Musters (Paletten, Stapel), von dem ausgehend die weiteren Punkte berechnet werden; 4. Koordinatenursprungspunkte (↗ Koordinatensystem) im Bezugskoordinatensystem des IR.

Referenzpunkt anfahren: Betriebsart zur Ermittlung oder Einstellung des Referenzpunkts, auch andere Bezeichnung für ↗ Nullung.

Referenzpunktgeber: Positionsgeber zur Erzeugung eines Signals, das den Referenzpunkt markiert. Im Falle der ↗ Nullung andere Bezeichnung für ↗ Nullungsendschalter.

Reflexsensor: im Zusammenhang mit Strahlungssensoren gebrauchte Bezeichnung für Sensoren, bei denen der Empfängerteil des Sensors den vom Objekt reflektierten oder remittierten Anteil der durch den Senderteil emittierten Strahlung erfaßt. Häufig werden dabei Sender- und Empfängerteil unmittelbar nebeneinander in einem Gehäuse untergebracht.

Regalbediengerät: verfahrbares, manuell oder rechnergesteuertes Hebezeug, mit dem gewöhnlich auf Werkstückträgern, z. B. Flachpaletten, befindliche Werkstücke aus Regalen geholt bzw. abgelegt werden können.

Regalförderzeug: schienenverfahrbares Fördergerät zum Bedienen von Regalanlagen über die normale Griffhöhe hinaus mit einem den technologischen Erfordernissen angepaßten Lastaufnahmemittel. Er befindet sich auf einem an einer Säule vertikal beweglichen Hubwagen und dient zum Umschlagen von Lagerungseinheiten ohne oder mittels Lagerungshilfsmittel.

Regalspeicher: Werkstückspeicher mit neben- oder übereinander angeordneten Fächern für das Ablegen von HHO bzw. Werkstückträgern. Bei Einsatz eines IR mit SSS-Struktur werden Gerad-R. vorgesehen, bei Robotern mit DSS-Struktur sind auch Rund-R. anwendbar. R. können im Ausnahmefall auch am Portal hängend als Hänge-R. ausgeführt sein.

Regalstapelgerät: Regalförderzeug mit unterschiedlicher Tragfähigkeit. Es ist vorwiegend mit einer Teleskopgabel oder einem Teleskoptisch als Lastaufnahmemittel ausgestattet zum ausschließlich mechanischen oder automatischen Ein- und Auslagern von Ladeeinheiten in bzw. aus Regalfächern.

Regelabweichung: Größe, die das Ergebnis des Vergleichs von $\nearrow$ Regelgröße zu Führungsgröße in einem Regelkreis ausdrückt, z. B. die Differenz zwischen Tachogenerator-Spannung und Sollgeschwindigkeit-Spannung in einem $\nearrow$ Geschwindigkeitsregelkreis.

Regelgröße: diejenige Veränderliche, die für den ordnungsgemäßen Betrieb der Regelstrecke konstant gehalten oder gezielt verändert werden soll.

Regelkreis: Verkettung von Regelstrecke und Regler zu einem geschlossenen Kreis mit dem Ziel, die Werte der Regelgrößen an die der Führungsgrößen anzugleichen. Dazu sind weiterhin Meßglieder zur Erfassung des Ist-Zustandes der Regelgröße und Stellglieder zur gezielten Beeinflussung des Verhaltens der Regelstrecke im Sinne der Erfüllung der Regelungsaufgabe erforderlich. R. an IR sind z. B. Lageregelkreis, Geschwindigkeitsregelkreis, Kaskadenregelung.

Regelstrecke: Objekt, für das mittels Regelkreisen bestimmte Regelgrößen den Führungsgrößen angeglichen werden sollen. Ein Beispiel dafür ist die Bewegungseinheit eines IR.

Regelungstheorie: Teilgebiet der Kybernetik, das sich mit den Gesetzmäßigkeiten der (automatischen) Regelung befaßt. Die R. dient der Analyse von Ursache und Einfluß durch Störungen aus der Umwelt auf Regelstrecken und Regler mit Erforschung von Automatisierungsstrukturen zur Wiederherstellung gestörter Gleichgewichtszustände.

Regelverstärker $\nearrow$ Regler.

Regler, Regelverstärker: Einrichtung im Regelkreis, die fortlaufend aus Regelgröße und Führungsgröße die Regelabweichung bildet und daraus nach

einem vorgegebenen dynamischen Eigenverhalten Größen zur Ansteuerung von Stellgliedern erzeugt. Abb.

Rehabilitationsmanipulator: bionischer, teilweise anthropomorpher Manipulator zur Ausübung ausgewählter Funktionen der menschlichen oberen Extremitäten zur Unterstützung zeitweilig Behinderter.

Reichweite: bei einem IR der größte $\nearrow$ Verfahrweg, den das Arbeitsorgan in der x-y-Ebene zurücklegen kann.

Reihenstapelung: Gruppe von Stapeln, die in einer Reihe entlang des erforderlichen Arbeitsganges (Arbeitsgutbewegungsfläche) angeordnet ist. Vgl. Blockstapelung.

Reihenverkettung $\nearrow$ Verkettung.

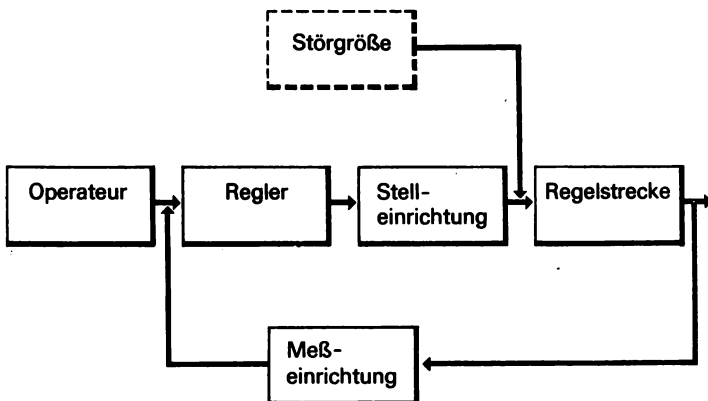
Reinstraumroboter: IR, der für einen Einsatz in Reinräumen, wie sie z. B. für die Chipfertigung nötig sind, geeignet ist. Der R. zeichnet sich dadurch aus, daß seine zur Luftverunreinigung beitragende Partikelemission z. B. geringer ist als 8 Teilchen je $0,028 \text{ m}^3/\text{min}$ und die Partikel im Durchmesser kleiner als $0,5 \mu\text{m}$ sind. Dies wird durch spezielle Abdichtungen für rotierende Teile, Abdeckungen, abriebfeste Werkstoffe, nichtoxidierende Spezialanstriche, Innengehäuseluftfiltersysteme und dem generellen Verzicht auf Schubgelenke erreicht.

In der UdSSR wurden für Reinstraumbedingungen gelenklose Roboter entwickelt, die als $\nearrow$ Vakuumroboter bezeichnet werden.

Relativbewegung: Bewegung eines Punktes oder Körpers gegenüber einem bewegten Bezugssystem. Vgl. Absolutbewegung, Führungsbewegung.

Renkverbindung, Bajonettverschluß: lösbare Verbindung z. B. für $\nearrow$ Arbeitsorgane an einem IR, die durch Ineinanderstecken und gegenseitiges Verdrehen zweier, mit gewinkeltem Schlitz und mit Stift ausgerüsteter Teile, geschaffen wird.

REPRO [engl., Abk. für *reprogrammable* $\nearrow$ ROM]: neuprogrammierbarer Informationsspeicher (Festwertspeicher) auf Halbleiterbasis.



Regler: Regelkreis

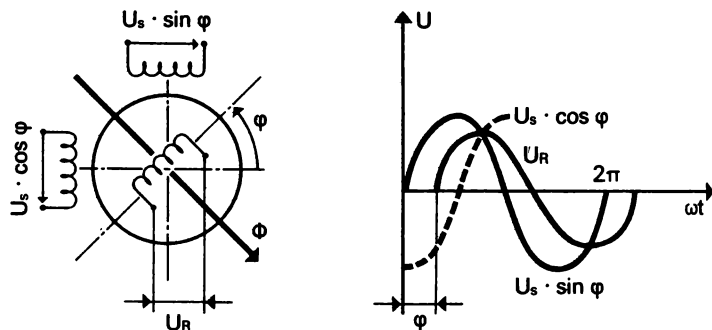
Resolver, Selsyn: Wegmeßsystem, das absolut bzw. zyklisch-absolut arbeitet ($\nearrow$ Meßverfahren). Ein R. besteht aus einem Stator mit 2 um 90° räumlich versetzten Statorwicklungen, einem Rotor mit einer Rotorwicklung, einem Kollektor oder Transformator zur Abnahme der Rotorspannung und dem Gehäuse. Zur Meßwertgewinnung existieren verschiedene Verfahren. Häufig angewendet wird das sogenannte $\nearrow$ Phasensteuerungsverfahren, bei dem den Statorwicklungen 2 um 90° elektrisch phasenverschobene Sinusspannungen gleicher Amplitude und einer Frequenz bis etwa 5 kHz zugeführt werden. Die Phasenlage der im Rotor induzierten Spannung ist proportional dem Drehwinkel φ der Rotorwelle (bei stillstehendem Rotor). Die Digitalisierung des Meßsignals erfolgt durch Auszählen der Phasenverschiebung zwischen Rotor- und einer Statorspannung mit einer Impulsfolge konstanter Frequenz durch entsprechende Schaltungen in der $\nearrow$ Meßwertaufbereitung. Einer vollen Rotorumdrehung entsprechen z. B. 2000 Impulse, womit das $\nearrow$ Auflösungsvermögen festgelegt ist.

Übersteigt der Verfahrensweg bzw. Drehwinkel der Bewegungseinheit eine volle Rotorumdrehung, wird der Meßwert vieldeutig. Dann ist entweder durch die Meßwertaufbereitung ein zyklisch-absolutes Meßverfahren zu realisieren oder es ist ein zusätzliches $\nearrow$ Grobmeßsystem einzusetzen. Vgl. Wegmeßsystem. Abb.

Resonanzroboter: Roboter, dessen Hauptbewegung ein gleichmäßiges Schwingen des Arms darstellt, wobei eine volle Schwingung genau der Zeit entspricht, in der an einer Fertigungseinrichtung Handhabungen nötig sind. Der Energiebedarf des R. ist wesentlich geringer als bei anderen Robotern, da Brems- und Beschleunigungsphasen im wesentlichen entfallen.

Reststückmanipulator: spezielle, in Grenzen programmierbare Handhabereinrichtung. Sie nimmt die in der Umformtechnik anfallenden Reststücke automatisch auf und bewegt sie nach wählbaren Programmen so im Werkzeugraum einer Presse, daß noch mehrere Werkstücke ausgeschnitten werden können.

Retardation [lat.]: Verzögerung. Mitunter wird bei IR der sich nach Not-Aus einstellende Verfahrensweg als *R.sstrecke* bezeichnet.



Wirkprinzip des Resolvers

Retardationsstrecke: Weg, den ein IR nach dem Abschaltsignal infolge gewisser Verzögerungen noch verfährt. Die R. ist z. B. bei der Ausführung von ↗ Suchprogrammen zu beachten. Sie ist um so größer, je größer die ↗ Verfahrensgeschwindigkeit ist.

Revolvergreifer: Greifer, bei dem mehrere einzeln steuerbare Einfachgreifer parallel nebeneinander, kegel-, sternförmig oder kombiniert auf einem gemeinsamen Träger angeordnet sind. Der R. kann mehr als 2 Objekte gleichzeitig halten bzw. einzeln loslassen. Mitunter ist ein gemeinsamer Antrieb für alle Greifer vorhanden. Nachteile sind großes Bauvolumen und große Masse.

Rezeptor: biologische Struktur (Nervenendigung oder Zelle) zur Aufnahme spezifischer Reize aus der Umgebung des Organismus oder aus dem Körperinneren und Abgabe von Informationen darüber an das Zentralnervensystem. Der Mensch verfügt in der Haut z. B. über 3 Mio. Schmerz-R.en, 0,5 Mio. Berührungs-R.en und 0,25 Mio. Temperatur-R.en. Die abgegebenen Nervenimpulse enthalten keine Informationen über Sender- und Empfänger-R. Jeder R. hat im Gehirn seinen Repräsentanten. Die Abbildung erfolgt in Neuronenfeldern. Es hat sich eingebürgert, auch die unmittelbar mit dem Prozeß bzw. bestimmten Prozeßelementen gekoppelten Elemente signalgewinnender technischer Strukturen als R.en zu bezeichnen.

RGR: Abk. für ↗ rechnergeführte Regelung.

RIA: Abk. für Robot Institute of America, Roboterinstitut von Amerika.

Richtungsdiskriminator: elektronische Schaltung zur Erkennung der Verfahrenrichtung einer Bewegungseinheit bei inkrementalem Meßverfahren. Dazu muß das entsprechende Wegmeßsystem 2 um 90° elektrisch phasenverschobene Impulsfolgen bei der Bewegung bereitstellen. Deren Phasenfolge ist abhängig von der Bewegungsrichtung. Das daraus ableitbare Drehrichtungssignal schaltet den nachgeordneten Zähler auf Vorwärts- bzw. Rückwärtszählen. Der R. ist Bestandteil der Meßwertaufbereitung.

Ringstrahlsensor: Sensor, bei dem aus einer Düse ein ringförmiger Fluid-Freistrahle austritt. Nähert man dem Strahl eine Prallplatte, so wird ein Teil des Strahles nach innen umgelenkt und es entsteht innerhalb des Ringraums ein Druckanstieg, der durch einen zentralen Ausgangskanal abgegriffen wird.

ROBEX [Abk. für *Roboter* und *EXAPT*]: Programmiersprache für Handhabemaschinen, die aus einer Programmiersprache für NC-Maschinen abgeleitet wurde.

Robocarrier [engl.], *Robotcarrier*: ↗ automatisiertes Transportsystem.

ROBOT: 1. Bezeichnung für verschiedene Industrieroboter ausstellungen, Messen, Fachtagungen in aller Welt. – 2. 1985 gegründete internationale wissenschaftlich-technische Vereinigung zwischen der ČSSR und der UdSSR, die das Ziel der Erarbeitung von Entwicklungskonzeptionen für IR und flexibler Fertigungssysteme, der Herstellung von Prototypen und deren Testung verfolgt.

Robotcarrier ↗ Robocarrier.

Roboter [slaw.]: automatisches System mit bestimmten sensorischen und adaptiven Eigenschaften zur Ausführung manipulatorischer und lokomoto-

rischer Vorgänge. Für die Einsatzzwecke in der Industrie (neben denen im Weltraum, in der Tiefsee, im Militärwesen und in der Landwirtschaft) ist es zweckmäßig, diese Definition noch zu konkretisieren, zumal in der Industrie die manipulatorischen Aufgaben im Vordergrund stehen.

Das Wort R. ist vom slawischen Wort *robota* abgeleitet und bedeutet „schwere Arbeit, Frondienst“.

Um einen R. technisch verwirklichen zu können, der an den Eigenschaften und Fähigkeiten des Menschen gemessen werden kann, müßten nach *Turing* folgende Elemente realisiert werden: ein Arm und eine Hand, eine Möglichkeit zum Fahren und Lenken, Antriebe und Steuerungen dazu, einen Rechner zum Speichern von Befehlen und zur Entscheidungsfindung, Sensoren für Berührung, Rauigkeit, Härte, Position, Gewichtskräfte, Wärmeleitfähigkeit, Temperatur, Annäherung, Form, Größe, Sehen, Farbe, Gehör, Entfernung, Geruch, Stellung des Armes und der Hand.

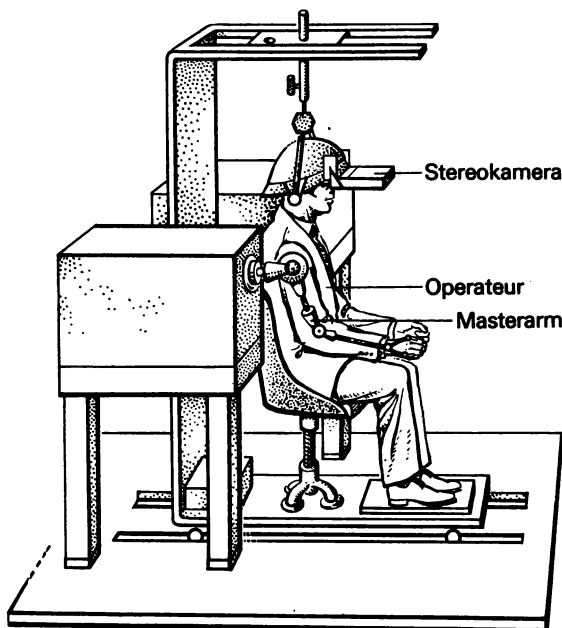
Roboter, anthropomorpher: Mechanismus, der den menschlichen Abmaßen ähnlich ist. Er enthält eine Nachbildung der oberen und unteren Extremitäten in Form von Manipulatoren und Pedipulatoren (↗ Manipulator-Pedipulator-System) und die Bewegungen werden ausschließlich über Drehgelenke realisiert.

Roboter, autonomer: Roboter, der unabhängig von einer kabelgebundenen Energieversorgung und mit Hilfe eigener Informationsaufnahme- und -verarbeitungssysteme eigenständig operieren kann.

Roboter, biotechnischer: den menschlichen Abmaßen nachgebildete Maschine (↗ Manipulator, anthropomorpher, ↗ Roboter, anthropomorpher), der nach Steuersignalen arbeitet, die von einem ↗ Operateur z. B. an einem Fließbandarbeitsplatz mit einer Programmiereinrichtung aufgezeichnet wurden. Bei einer solchen Programmiereinrichtung sitzt der Operateur auf einem beweglichen Sessel, trägt im Helm eine Stereofernsehkamera und an den Armen ein bis zu den Fingern reichendes ↗ Außenskelett zur Gewinnung von Informationen über den gesamten Bewegungsablauf. Abb.

Roboter, gelenkfreier: Roboter, der keine mechanischen Gelenke enthält, sondern sich infolge der Verformung von Bauelementen bewegt. Meist sind es nur Roboterbaugruppen, wie Schreiteinrichtungen oder Greifer. Man kann dazu z. B. die Bewegung einer Röhrenfeder benutzen, wie sie der Franzose *E. Bourdon* (1808 bis 1884) erfunden hat und die im Manometer Verwendung findet. Die bogenförmige Bourdon-Feder ist ein elastisches Glied, das sich unter einem Innendruck streckt. Vgl. Finger, pneumatischer.

Roboter, intelligenter: Roboter, der über künstliche Intelligenz verfügt. Im angelsächsischen Sprachraum werden sensorgeführte IR gewöhnlich als i. R. bezeichnet. Das Vorhandensein von Sensoren ist zwar eine wichtige Voraussetzung zum Konstruieren von Abbildern über die Umwelt, sie stellen jedoch für sich noch kein intelligentes System dar. Erst die Fähigkeit, Informationen zu verarbeiten und daraus andersgeartete Informationen aufgrund einer Lernfähigkeit zu schaffen, kennzeichnet das Vorhandensein



Einrichtung zum Programmieren eines biotechnischen Roboters (nach einem UdSSR-Patent)

von Intelligenz. Damit wäre das Lernen bzw. die Lernfähigkeit eine wesentliche Voraussetzung zur Schaffung von i. R. Vgl. Intelligenz, künstliche.

Roboter, mobiler: 1. ↗ Industrieroboter, mobiler. – 2. ↗ Roboter, autonomer.

Roboterarm: umgangssprachliche Bezeichnung für den Teil des ↗ Führungsgetriebes eines IR, der mehr oder weniger dem menschlichen Arm nachgestaltet wurde. Er kann i. allg. noch in Ober- und Unterarm gegliedert werden. Am Ende des Armes ist ein ↗ Arbeitsorgan angebracht.

Roboterarbeitsplatz ↗ Industrieroboterarbeitsplatz.

Roboterantragsschweißen: Auftragen von artgleichem Zusatzwerkstoff oder „Panzern“ verschlissener oder neuer Teile mit Hilfe eines IR. Für das R. können z. B. das MAG-Schweißverfahren, das UP- und das WIG-Schweißverfahren angewendet werden (MAG = Metall-Aktiv-Glas; WIG = Wolfram-Inert-Gas; UP = Unterpulver).

Roboterbaukasten: Sortiment komplexer Bausteine, die nach dem ↗ Baukastenprinzip gestaltet wurden und den Aufbau von IR in verschiedenen, dem jeweiligen Einsatzzweck entsprechenden ↗ Grundstrukturen ermöglichen. Ein R. kann z. B. Grund-, Koppel-, Gestell-, Hilfs- und Sonderbausteine in verschiedenen Baugrößen enthalten. Eine derartige Elementarisie-

rung bietet Ansätze für einen hohen Wiederverwendungsgrad sowohl von Prinziplösungen als auch von Einzelteilen.

Roboterbilderkennung ↗ Bilderkennung.

Roboterdichte, Industrieroboterdichte: Kenngröße zur Darstellung der Einsatzmenge von Robotern je Bezugsgröße und z. B. je Land. Bezogen auf 10000 Beschäftigte ergaben sich Ende 1984 folgende R.: Japan 32, Schweden 17,7, Belgien 6,4, BRD 5,7, Großbritannien 4,8, USA 4,3, Frankreich 4,3, Spanien 3,8, Italien 3,5.

Robotergeneration ↗ Generation.

robotergerechte Konstruktion: 1. ↗ Produktgestaltung, robotergerechte. – 2. ↗ Produktgestaltung, montagegerechte. – 3. ↗ Produktgestaltung, schweißrobotergerechte.

Roboter Gesetze ↗ Asimov, Isaac.

Roboterkapelle: in Japan entwickelte Musikkapelle, die aus 9 rechnerzentralgesteuerten, im Teach-in-Verfahren programmierbaren menschenähnlichen Robotern besteht und für 2 Stunden eine Musikshow aufführt. Alle Musikstücke sind auf optischen Bildspeicherplatten untergebracht.

Roboterkoordinaten: Bezeichnung für Koordinaten in einem Koordinatensystem, dessen Achsen identisch sind mit der Trajektorie für jede einzelne Bewegungseinheit eines speziellen IR. Dementsprechend muß das Steuern der Position und Orientierung des Arbeitsorgans des IR in den Koordinaten des (jeweiligen) Roboters erfolgen. Demgegenüber werden Bewegungsbahnen häufig als Geraden, Kreise u. a. gebraucht, die zweckmäßig in ↗ Weltkoordinaten beschrieben und gespeichert, jedoch für die Zwecke des Steuerns des IR durch Koordinatentransformation in R. gewandelt werden müssen.

Roboter-Leasing [engl.]: in einigen Ländern praktiziertes zeitweiliges, vertraglich geregeltes Ausleihen von IR an z. B. Kleinbetriebe oder von programmierbaren und bzw. oder fernsteuerbaren Schaustellungsrobotern (↗ Android) an Geschäfte, Ausstellungen sowie Film- und Fernsehgesellschaften.

Roboterprogrammiersprache, problemorientierte Roboterprogrammiersprache, Robotersprache: Sammelbegriff für Programmiersprachen für IR, deren Sprachelemente zugeschnitten auf robotertypische Steuerungsfunktionen formuliert sind. Sprachelemente niedriger Stufe sind bevorzugt Worte oder Sätze mit den Anweisungen für die Variablen. Die Sprachelemente sind häufig in Anlehnung an EDV-Sprachen (ALGOL, FORTRAN, BASIC u. a.) formuliert.

Zur Beschreibung flexibler, anspruchsvoller Handhabe- und Montageaufgaben sind in den letzten Jahren von IR-Herstellern und von wissenschaftlichen Institutionen eine Reihe von R. entwickelt worden, wie z. B. AL, ROBOTLAN, SIGLA, ALFA, URI, ROBEX. Sie beziehen sich meist auf einen bestimmten Robotertyp und bzw. oder ein bestimmtes Anwendungsgebiet. Die Übersetzung von in R. formulierten Handhabeprogrammen kann auf verschiedene Weise erfolgen: ein- oder mehrstufig, auf einem externen Rechner oder in der IR-Steuerung selbst. Vgl. Assembler, Compiler, Interpreter.

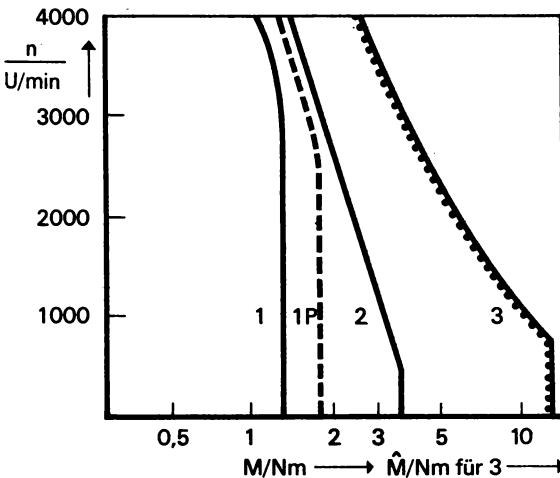
Roboterschweißstraße: Fertigungslinie, z. B. zur Herstellung von Rohkarosserien im Automobilbau, bei der Schweißindustrieroboter komplex und arbeitsteilig im Einsatz sind. Die Schweißbaugruppe wird hierbei stetig oder getaktet bewegt. Die Schweißroboter können in Ständer- oder Portalbauweise ortsgebunden oder verfahrbar ausgeführt sein.

roboterspezifischer Stellmotor, Abk. RSM: dynamisch hochwertiger Gleichstrommotor mit Kurzläufer und der Möglichkeit zur Ankopplung eines Aufsteck-Tachogenerators und eines Inkrementaldrehgebers. In der Abb. wird das Drehzahl-Drehmoment-Kennlinienfeld für einen r. S. mit einem Trägheitsmoment von 10 kg/cm^2 wiedergegeben. Im Bereich 1 ist Dauerbetrieb zulässig, der Bereich 1P gibt Richtwerte für progressive hohe thermische Auslastung an. Der Bereich 2 gilt für S2-Kurzzeit- und S3-Aussetzbetrieb, er wird von der stationär zulässigen Kommutierung begrenzt. Die möglichen Schalthäufigkeiten richten sich nach den thermischen Belastungen der Antriebsmotoren. Der Bereich 3 ist dem dynamischen Grenzbetrieb mit Hochlauf- und Bremsvorgängen vorbehalten. Die Kommutierungsgrenzkurve darf von Stromspitzen nicht überschritten werden. Abb.

Robotersprache → Roboterprogrammiersprache.

Roboterstruktur: Gesamtheit aller Dreh- und Schubachsen und ihrer topologischen Aufeinanderfolge und Art. Die R. ist eine abstrakte Wiedergabe des kinematischen Aufbaus eines Roboters.

Robotertechnologie: Technologie, der neben seinem Fachgebiet die IR-Technik beherrscht, hochproduktive Fertigungsverfahren in Verbindung mit dem Einsatz von IR auswählt, erforderliche Berechnungen ausführt und den IR-Einsatz vorbereitet. Er verfügt über ausreichende Kenntnisse auf dem Gebiet der Kinematik, Peripherie, Steuerung und Programmierung



Momentenkennlinien beim roboterspezifischen Stellmotor

von Robotern. Er muß auch auf die Durchsetzung einer handhabe- bzw. robotergerechten Produktgestaltung einwirken.

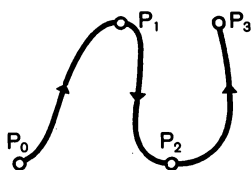
Robotertechnologie, Robotologie: Teildisziplin der Technologie, die sich damit beschäftigt, das System Mensch-Roboter-Fertigungseinrichtung und Fertigungsverfahren-HHO zu beherrschen und effektiv zu gestalten.

Robotertrajektorie: Zustandskurve eines $\rightarrow$ Effektors. Die Komponenten einer R. beschreiben die Bewegungsbahn des Effektors sowie die zugehörigen Geschwindigkeiten und Beschleunigungen. Der jeweils erforderlichen Bewegung entsprechend werden aufgabenangepaßte Interpolationsverfahren ($\rightarrow$ Interpolator) angewendet, um aus den Bahnparametern, z. B. Anfangswerte, Randbedingungen, Endwerte, R. in kinematisch und dynamisch geschlossener Form zu berechnen. Zur Generierung von R. werden verschiedene Planungsverfahren verwendet.

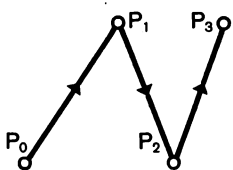
Die Planung erfolgt in $\rightarrow$ Weltkoordinaten. Eine R. wird i. allg. durch die Triplette P_i, v_i, t_i (Position und Orientierung, Geschwindigkeit, Zeit) vorgegeben. Abb.

Roboterwerkzeug: Bearbeitungswerkzeuge, die so gestaltet sind, daß sie von einem IR problemlos aufgenommen und ohne Schaden zu nehmen gehandhabt werden können, wie z. B. Kleinschleifmaschinen mit besonders weich aufsetzender fräuserschonender Achse, leerlauffeste Meißel- und Schlackenhämmer, vibrationsgedämpfte Niethämmer.

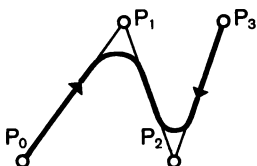
Robotik: Bezeichnung für ein Gebiet von Wissenschaft und Technik, das sich mit dem Teil der Automatik befaßt, der vornehmlich auf die Automatisierung von Handhabeoperationen im Produktionsprozeß durch den Einsatz von IR abzielt. Vgl. Industrierobotertechnik.



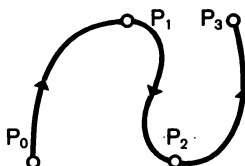
Punkt-zu-Punkt-Planung mit beliebiger Raumbahn



lineare Interpolation



lineare Interpolation mit Übergängen



Planung über algebraische Funktionen



Planung von Robotertrajektorien

Robotisierung: nicht einheitlich verwendete Bezeichnung, die die rasche Ausbreitung der Robotertechnik und den sich zeigenden Trend zum komplexen Einsatz zum Ausdruck bringen soll. Dieser ist jedoch eng mit der Anwendung auch anderer Mittel und Wege der Mechanisierung und Automatisierung verflochten. Unter dem Gesichtspunkt der großen volkswirtschaftlichen Bedeutung der Industrierobotertechnik beschreibt die Bezeichnung R. eine allgemeine Entwicklungsrichtung.

Robotologie ↗ Robotertechnologie.

Robotrailer: Bezeichnung für ein induktiv spurgeführtes, fahrerloses Flurförderzeug. Dessen Aufgabe besteht darin, auf Werkstückträgern befindliche Teile in bedienlosen Fertigungssystemen oder Fertigungsabschnitten automatisch zuzuführen. Vgl. automatisiertes Transportsystem.

Robotronik: Kunstwort aus *Roboter* und *Elektronik*. Damit soll die Integration von Robotertechnik und Mikroelektronik, die z. B. bei IR der 2. und 3. Generation unabdingbar und für eine Ausstattung mit künstlicher Intelligenz Voraussetzung ist, zum Ausdruck gebracht werden.

ROCOL [engl., Abk. für *robots control language*]: ein von der Universität Leningrad (UdSSR) entwickeltes Programmiersystem für IR, bestehend aus Interpreter, ↗ Betriebssystem mit Sensorüberwachungsroutinen, ↗ Editor und einem Modul zum direkten Steuern eines Roboters.

Rohling ↗ Rohteil.

Röhrenarm: Arm eines IR, der mit einer meist doppelten Rundführung (Röhre) ausgestattet ist und radial ausgefahren wird.

Rohteil, Rohling: zur Herstellung eines bestimmten Gegenstandes spanlos gefertigtes Teil, das noch weiter bearbeitet wird. R. sind z. B. Guß-, Schmiede- und Preßteile. Vgl. Fertigteil.

Rohteilgreifer: Greifer, dessen Greiferbacken so ausgelegt sind, daß Rohteile damit aufgenommen werden können. Vgl. Greifteilefamilie.

ROLF [engl., Abk. für *robot oriented language Formalism*]: eine von der Firma *Jungheinrich* (BRD) entwickelte roboterorientierte Programmiersprache, die sich an die Sprache ↗ BASIC anlehnt und einen Teil Grundbefehle daraus nutzt.

Rollbahnmagazin: Werkstückspeicher, gelegentlich auch eine Weitergabereinrichtung, bei dem geordnete rollfähige Werkstücke auf einer in der Regel geneigten Bahn infolge der Schwerkraft einem ↗ Zuteiler zugeführt werden.

Rollbehälter: Transporthilfsmittel, das zum Umschlag und innerbetrieblichen Transport dient und dessen Bodenfläche mit Rollen ausgerüstet ist.

Rollenumlaufschuh, Wälzelement: Bauelement mit Wälzkörperumlauf für die Ausbildung reibungsarmer und spielfreier Geradfürungen, äquivalent zu den Wälzelementen für Drehschubbewegungen, den Wälzlagern für rotatorische Bewegungen und Wälzschrauben für Schraubbewegungen.

Rollfähigkeit: Eigenschaft, die das Bewegungsverhalten rotationssymmetrischer Werkstücke kennzeichnet. Entscheidend ist die Lage des Massenschwerpunkts. Beim Geradeausrollen muß am gleichen Durchmesser unterstützt werden.

Rollförderer: Stückgutförderer mit Rollen oder Kugeln als Tragmittel oder

Trag- und Bewegungsmittel für das Fördergut mit geneigter Bahn (Ausnutzung der Schwerkraft des Förderguts zur Fortbewegung) oder mit waagerechter Bahn und angetriebenen Rollen.

Rollringgetriebe: Getriebe, erfunden von *J. Uhing* 1960, zur Umformung einer Drehbewegung in eine geradlinige Bewegung, bei dem die 3 bis 4 kugelgelagerten Ringe der Mutter auf der glatten Antriebswelle längs einer Schraubenlinie mit einer einstellbaren oder konstanten Steigung rollen und dadurch z. B. den Schlitten einer Lineareinheit verschieben. Das R. arbeitet kraftpaarig, ist überlastungssicher und kann unmittelbar mit einem Elektromotor gekoppelt werden. Eine Wälzmutter für eine Welle von 25 mm Durchmesser erzeugt z. B. eine Schubkraft von 600 N.

ROM [engl., Abk. für *read-only memory*]: Nur-Lese-Speicher, der in der Mikrorechenteknik zur Speicherung von (festen) Programmen und Konstanten dient. Es gibt vom Hersteller irreversibel programmierte ROM und solche, die durch spezielle Programmierereinrichtungen vom Anwender beschrieben werden können.

RoManSy [engl., Abk. für *robot and manipulator symposium*]: internationale Veranstaltung über Theorie und Praxis von Robotern und Manipulatoren. Sie wird im mehrjährigen Rhythmus vom Technical Committee Robots and Manipulators der Internationalen Föderation Theorie der Mechanismen und Maschinen (IFTOMM) durchgeführt.

Rotation [lat.]: Bewegungsform, bei der/ein starrer Körper um eine Achse gedreht wird. Die R. wird durch die Winkelgeschwindigkeit gemessen. Vgl. Dreheinheit.

Rotationseinheit ↗ Dreheinheit.

Rotorbunker: Werkstückspeicher für ungeordnetes Arbeitsgut, bei dem am Boden eines feststehenden Behälters (↗ Bunker) eine Scheibe in waagerechter Ebene rotiert. Durch Zentrifugalkräfte legen sich die Werkstücke an die Außenwand des Behälters, richten sich aus und können geordnet abgenommen werden. Im Magnet-R. laufen mit Permanentmagneten besetzte Scheiben schräg oder in vertikaler Ebene um. Hier bewirken Magnetkräfte das Aufnehmen und Austragen einzelner Werkstücke, die dann beim Abstreifen ihre geordnete Lage erhalten.

RPL [engl., Abk. für *robot programming language*]: Roboterprogrammiersprache, mit der sich flexible Handhabeoperationen beschreiben lassen. Die Sprache wird in einem Steuerrechner interpretativ verarbeitet. RPL wurde 1979 in der BRD entwickelt.

RRR [Abk. für *Rotation/Rotation/Rotation*]: Strukturbezeichnung für das Führungsgetriebe (oder den Greifer) eines IR.

RSM: Abk. für *roboterspezifischer Stellmotor*.

RSS [engl., Abk. für *robot servo system*]: von der Universität von Illinois (USA) entwickeltes sensorgeführtes Robotersystem, als Weiterentwicklung der Sensorintegration der Sprache ↗ WAVE. Es werden ein interruptgesteuertes Servosystem und ein „Kraft-Kalkulator“ verwendet, der über die Gelenkgeschwindigkeit kartesische Kraft- und Drehmomentenvektoren berechnet. Die Anwenderfunktionen können definiert und frei benannt werden. Die Anwenderprogramme verarbeitet ein Interpreter, der ohne Inter-

ruptsteuerung läuft. Dabei ist die Befehlsabarbeitung so optimiert, daß während der Ausführung eines Bewegungsbefehls bereits die folgenden Befehle verarbeitet werden.

Rubbertuator: Gummiwirkglied mit federähnlicher Beweglichkeit, das in Japan versuchsweise für Montageroboterarme eingesetzt wurde. Eine Armbewegung entsteht, wenn 2 mit einem Stahldraht versehene R.en jeweils an den Enden rechnergesteuert zusammengedrückt bzw. entlastet werden, wobei der Draht über eine Rolle läuft, die dabei eine Winkeldrehung ausführt. Der Prototyp des Arms bewegt sich mit einer Geschwindigkeit von 0,5 m/s. Er besitzt 16 R.en und trägt 2 kg.

Rückschlagventil: Sperrventil, das in der Fluidtechnik einem Druckflüssigkeitsstrom in einer Richtung Durchfluß gewährt und in entgegengesetzter Richtung absperrt.

Ruhestromprinzip: Wirkprinzip einer informationsverarbeitenden, z. B. elektrischen, Schaltung, das dadurch gekennzeichnet ist, daß die funktionsbestimmende Wirkung z. B. eines Stellgliedes im erregungslosen, z. B. spannungslosen, Zustand eintritt. Im erregten Zustand, z. B. bei Anlegen von Spannung, wird diese Wirkung aufgehoben, es fließt dann der Ruhestrom.

Die Anwendung des R. ist in der IR-Technik zur Einhaltung von Sicherheitsforderungen von Bedeutung, um bei Spannungsausfall im arretierten bzw. gebremsten Zustand z. B. die Greiferbacken geschlossen zu halten. Vgl. Arbeitsstromprinzip, Not-Aus, Steuerspannung-Aus.

Run ↗ Automatik.

Run-length-Bildvorverarbeitung: Verfahren zur Gewinnung binärer Schwarzweißbilder in visuellen Erkennungssystemen mit Hilfe der Schwarzweißübergänge. Die Funktionseinheit zur R. ermittelt vor der Übergabe an den Rechner die Orte der Übergänge von Weiß zu Schwarz bzw. von Schwarz zu Weiß, d. h. die Konturpunkte. Diese Konturdaten in Form einer Zahlenanordnung übernimmt der Rechner und berechnet daraus nach einem eingegebenen Programm die Fläche des Teils, seinen Schwerpunkt, die Achse der mittleren Ausdehnung, die relative Lage von Löchern u. a.

Rundinductosyn ↗ Inductosyn.

Rundregalspeicher: Werkstückspeicher, bei dem mehrere Regalspeicher bogenförmig um einen IR mit der Grundstruktur DSS angeordnet sind, so daß das lagegerechte Abnehmen der HHO ohne Handgelenkachse beim IR möglich ist.

Rundschalttisch: Baueinheit mit einer runden Tischfläche zur Aufnahme von z. B. Werkstücken oder Werkstückspeichern, die schrittweise rotatorisch bewegt werden kann.

Rundtaktspeicher, Mehrebenenrundtaktspeicher: aktiver Werkstückspeicher in der Art eines ein- oder mehretagigen angetriebenen Rundschalttisches. Er schaltet je Handhabezyklus bei einreihiger Belegung einmal weiter und bringt damit jedes HHO an eine festgelegte Abnahmeposition.

RUR [engl., Abk. für Rossums Universal Robots]: Theaterstück von Karel Čapek. Es wurde 1921 in Prag uraufgeführt. Čapek hat es im damaligen Zeitstil als „Kollektivdrama“ konzipiert. Er schildert darin warnend die Pro-

bleme, die in der Gesellschaft entstehen, wenn Roboter, als Maschine konstruiert, dem Menschen äußerlich völlig ähnlich aber „vollkommener“ und rationeller im Sinne der kapitalistischen Leistungsgesellschaft sind, ihn von seiner Tätigkeit „befreien“ und schließlich vernichten.

Die Firma RUR ist lediglich am Profit interessiert. Ob der Mensch dabei entstellt wird, aufhört Mitgefühl und Todesfurcht zu haben, verlernt zu lieben und zu hassen oder sich für den anderen zu opfern, ist für RUR sekundär. Für sie zählt nur die Supermenschenvorstellung eines *Nietzsche*, wie sie *Fabry*, der Technische Generaldirektor, formuliert: „Die menschliche Maschine war höchst unvollkommen. Sie mußte endlich einmal abgeschafft werden ... Sie war wenig leistungsfähig.“

Es geht *Čapek* nicht um eine Kritik von Wissenschaft und Technik, sondern er hebt die menschliche Entdeckungsfreude und Schöpferkraft, den Wert der Arbeit für die menschliche Welt und den Kreislauf des Lebens hervor. Nach einer deutschen Übersetzung von *O. Pick* aus dem Jahre 1922 wurde das Theaterstück auch WUR als Abk. für *Werstands Universal Robots* genannt.

Rüssel ↗ Rüsselarm.

Rüsselarm, *Rüssel*: Handgelenk oder Arm (Tensorarm) eines IR mit elefantenrüsselartiger Beweglichkeit. Der R. besteht aus einer Reihe von Gliedern, die durch Dreh- oder Kreuzgelenke miteinander verbunden sind und meist über biegsame Wellen, Seile oder Bowdenzüge angetrieben werden. R. werden i. allg. zum Führen von Farbspritzpistolen u. ä. eingesetzt.

Rutschsensoren ↗ Gleitsensoren.

S

SABOR: Bezeichnung für einen Roboter aus einer Serie, die *A. Huber* Ende der zwanziger Jahre begann und die *P. Steuer* 1960 mit SABOR V fortsetzte. Die Roboter der S.serie waren zur Schausstellung gedacht, spielten Musikinstrumente, gaben Feuer, schossen, spielten Mundharmonika und tanzten Samba. Vgl. Android.

Sammelschiene ↗ Bus.

Sample and hold [engl., Abtasten und Halten]: Schaltung oder Programm zum Erfassen und Speichern von Signalen. Dabei bleibt der aktuelle Signalwert bis zum Erfassen eines neuen Wertes gespeichert und bildet während dieser Zeit den Eingangswert für eine weitere informationsverarbeitende Einheit oder ein Stellglied bzw. kann abgerufen werden, z. B. bei der Meßwertabtastung (↗ Wegmeßsystem).

Satz, *Programmsatz*: Bezeichnung für einen Schritt, wenn die Befehle und Operanden als Wörter formuliert sind. Der S. ist also Teil eines in einer Programmiersprache formulierten Programmes und wird als Begriff insbesondere bei Programmierung in ↗ NC-Kodes verwendet. Ein S. ist durch

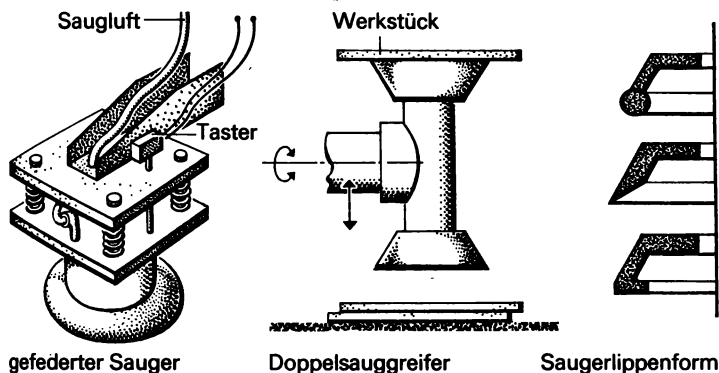
eine S.anfangskennzeichnung (Buchstabe N) mit S.nummer kenntlich gemacht. Darauf folgt der S.inhalt. Die Reihenfolge der Befehle im S. kann frei wählbar oder nach dem Inhalt festgelegt sein. Als S.endekennzeichen dient, mit Ausnahme des Befehls Programmende, meist gleichzeitig das Anfangskennzeichen des folgenden S.es.

Satzautomatik ↗ **Schrittautomatik**.

Satzsuchlauf: Betriebsart, bei der das Programm ohne Befehlsausgabe bis zu einer vorgewählten Satznummer (↗ Satz) abläuft. Der S. dient zum Start eines Programms ab dieser Satznummer.

Sauger, Saugnapf: zum HHO hin abdichtend wirkendes Aufnahmeelement eines Sauggreifers, unter dem ein Unterdruck aufgebaut wird. Der S. ist i. allg. als Scheiben-S. ausgebildet. Beim Handhaben von Formteilen kann der S. auch ein Formstück sein.

Saugergreifer, Sauger: Greifeinheit, bei der ein HHO durch Unterdruck gehalten wird. Es ist zwischen Haftsauger, Luftstromsauger und an Vakuumpumpen angeschlossene Vakuumsauger (Abb. a) zu unterscheiden. Bei Haftsaugern entsteht die Haftkraft allein durch das Aufdrücken auf eine glatte Oberfläche. Bei Vakuumsaugern wird die Haltekraft durch den erzeugten Unterdruck im Sauger, z. B. 70% des theoretisch möglichen, bestimmt. Der S. läßt sich auch als Doppelgreifer (Abb. b) oder Saugrahmen (Abb. c) gestalten. Abb.



Gestaltung von Sauggreifern

Saugkissen: flächiger Sauger mit vielen kleinen Saugöffnungen zum automatischen Aufnehmen leichter dünner Objekte, z. B. textile Gebilde, Flachdichtungen, Papierbogen.

Saugnapf ↗ **Sauger**.

Säulenbalancer: Lastarmmanipulator in Säulenbauform (↗ Bauform) und mit Fußbodenbefestigung.

SCARA-Prinzip [engl., Abk. für *selective compliance assembly robot arm*]: kostengünstiges Konstruktionsprinzip für IR auf der Basis eines horizonta-

len Gelenkarms, das besonders für einfache Montagearbeiten gut geeignet ist. Positionierfehler werden durch gezielt eingebrachte Nachgiebigkeiten in den Drehachsen ausgeglichen. Gleichzeitig ist die Steifigkeit bei Biegebeanspruchung um waagerechte Achsen erhöht, so daß ein Fügen spielarmer Partner möglich wird, ohne daß zusätzliche Ausgleichselemente im Roboter oder besondere Fügestrategien der Steuerung eingesetzt werden müssen. Das S. ermöglicht hohe Verfahrensgeschwindigkeiten, so daß die Fügeleistung die von IR mit anderer kinematischer Struktur um etwa 50 % übertrifft. Aufgrund der kinematischen Beschränkung auf nur wenige lagegeregelte Bewegungsachsen und Kombination mit schrittmotor- und anschlaggesteuerten Achsen kommt das S. mit niedrigerem Investitionsaufwand aus. Es gibt mehr als 20 IR, die nach dem S. aufgebaut sind.

Schachroboter: Bezeichnung für einen des Schachspiels kundigen Rechner. Einen eigentlichen S. gibt es nicht, gemeint sind immer Spielprogramme, die auf elektronischen Rechenanlagen abgearbeitet werden. Die normale Berechnungstiefe der Spitzenprogramme liegt bei sieben Halbzügen (4 Züge des Programms und 3 Gegenzüge). Aus der Spielstärke der Programme können Rückschlüsse gezogen werden, wie dicht man dem menschlichen Denkprozeß auf der Spur ist. Für Schauvorführungen wurden auch schon Drehgelenkroboter angesteuert, die dann die Schachfiguren nach Rechneranweisung auf einem Brett setzen.

Schachtmagazin: ein mit Sehschlitzen durchbrochener, der äußeren Form der Werkstücke angepaßter Schacht zur Aufbewahrung einer relativ geringen Menge geordneten Arbeitsgutes. In vielen Fällen bildet das Magazin zusammen mit dem erforderlichen Zuteiler eine Baueinheit.

Schaltalgebra ↗ Boolesche Algebra.

Schaltinformation: Information mit i. allg. binärer Wertigkeit. Sie stammt entweder aus entsprechenden Signalgebern (Kontakt, Schalttransistor) und ist zur Weiterverarbeitung in der Steuerung bestimmt oder dient als Ausgabeinformation zur Ansteuerung von Stellgliedern, wie Schütze, Relais, Magnetschalter, Lampen. Diese können Stoff- und Energieflüsse stellen oder aber auch Bewegungen einleiten, z. B. S. „X-Achse vorwärts“. Vgl. Weginformation.

Schaltkreis: elektronisches Bauelement. Integrierte mikroelektronische S. sind Plättchen aus einkristallinem Silicium von wenigen Quadratmillimeter Fläche, sogenannte Chips, auf denen durch fotolithografische Prozesse und die gezielte Eindiffusion von Fremdstoffen geometrisch exakt definierte Strukturveränderungen vorgenommen wurden. Diese Veränderungen verkörpern eine Vielzahl von elektronischen Funktionen, wie sie in diskreten Schaltungen von Transistoren, Dioden, Widerständen und Kondensatoren ausgeübt werden.

Schattenwurfkorrelator: Einrichtung (inkohärent optischer Korrelator) zur analogen Bildauswertung (Objekterkennung) nach dem Maskenverfahren. Mit dem S. wird die Intensität bzw. die Verteilung des Lichtes (Schwärzungs- bzw. Transparenzfunktion) hinter der Maske in einer *Output-Ebene* gemessen und danach erfolgt eine Schwellwertbildung.

Schaustellungsroboter: meist festprogrammierter ↗ Android, der auf Jahr-

märkten, in Kaufhäusern, Ausstellungen und Veranstaltungen scheinbar menschliches Handeln wiedergibt. Besonders in den dreißiger Jahren wurden etliche S., wie Alpha, Sabor, Mister Ohm Kilowatt, Televox, Telelux, angefertigt.

Scheibenkolbenzylinder: Stellelement mit scheibenförmigen Kolben und ein- oder zweiseitiger Kolbenstange zur direkten Wandlung der hydraulischen Größen Druck und Ölstrom in mechanische Bewegungsgrößen. Durch unterschiedliche Kolbenflächen bei einseitiger Kolbenstangenanordnung ergeben sich für das Aus- und Einfahren des Kolbens verschiedene Geschwindigkeiten bzw. Kräfte. Vgl. Arbeitszylinder.

Scheibenläufermotor: massearmer Gleichstrommotor, der sich für den Antrieb von Drehgelenkrobotern besonders gut eignet. Der Läufer ist eine in gedruckter Technik ausgeführte Scheibe. Die Permanentmagnete stehen fest. Durch das sehr kleine Trägheitsmoment erreicht der S. z. B. in 50 ms seine Nenndrehzahl, folgt einer Führungsgrößenänderung schnell und kann innerhalb einiger Millisekunden gestoppt werden. Der S. besitzt gute Rundlaufeigenschaften auch bei niedriger Drehzahl und ist kurzzeitig thermisch hoch überlastbar.

Scheibenmagazin, Karussellspeicher: Werkstückspeicher für geordnetes Arbeitsgut, bei dem jedes Werkstück seinen eigenen Speicherplatz auf einer waagrecht oder senkrecht angeordneten Scheibe hat. Die Speicherkapazität des Magazins ist gering.

Scheibenrollenbahn: Rollförderer mit Rollen, deren Durchmesser größer als deren Länge ist. Die Rollen können verschieden geformt sowie mit oder ohne Spurkranz sein.

Scherengreifer: Greifer, bei dem beide Greiferbacken beim Öffnen und Schließen um einen gemeinsamen Drehpunkt bewegt werden.

Scheinmann-Arm: Bezeichnung für einen Roboterarm, bei dem elektromechanische Antriebe, z. B. Gleichstrommotor-Wellgetriebe, direkt in die Gelenke des Führungsgetriebes eingebaut wurden. Kleine rechnergesteuerte Universalroboter in dieser Ausführung sind der „MIT-Arm“ sowie der „Stanford-Arm“. Sie wurden von *Viktor Scheinmann* in den USA entwickelt. Beide Roboter besitzen den Freiheitsgrad 6, eine Positioniergenauigkeit von ± 1 mm und eine Tragkraft von 1,5 kg bzw. 5 kg.

Schiebetisch: Baueinheit mit einer Tischfläche zur Aufnahme von z. B. mehreren Werkstücken, Werkstückspeichern oder auch Handhabeeinrichtungen, die schrittweise translatorisch in einer Achse bewegt werden kann. Zweiaxige Ausführungen werden als Kreuz-S. bezeichnet.

Schikane: Ordnungselemente, die in eine Gleit-, Roll- oder Schwingförderbahn eingefügt werden und das Ordnen der Werkstücke durch Aussondern falsch ankommender oder durch deren Gleichrichten bewirken. S. sind z. B. Abweiser, Ausklinkungen, Profilöffnungen und -bahnen, Stufen, Ecken, Stifte, Luftdüsen.

Schildkröte, kybernetische: technische Gebilde, mit denen vor allem in den fünfziger Jahren Untersuchungen zum künstlichen Lernen durchgeführt wurden, vor allem durch Nachbildung bedingter Reflexe. Der englische Ingenieur und Psychiater *G. Walter* entwickelte 1950 die beiden k. S. „ELSIE“

und „CORA“. Zu den ersten kybernetischen Maschinen dieser Art zählt auch die künstliche Maus „Theseus“ von C. E. Shannon (1950), mit der Labyrinthprobleme gelöst wurden. Das Experimentieren mit kybernetischen Tiermodellen hat zu neuen Einsichten in Steuer- und Regelvorgänge, aber auch in die Funktion von Nervennetzen verholfen.

Schlauchfinger: elastische Finger, die aus mehreren in Längsrichtung angeordneten getrennten Druckluftkammern bestehen und sich infolge von Druckunterschieden beugen können. Vgl. Finger, pneumatischer.

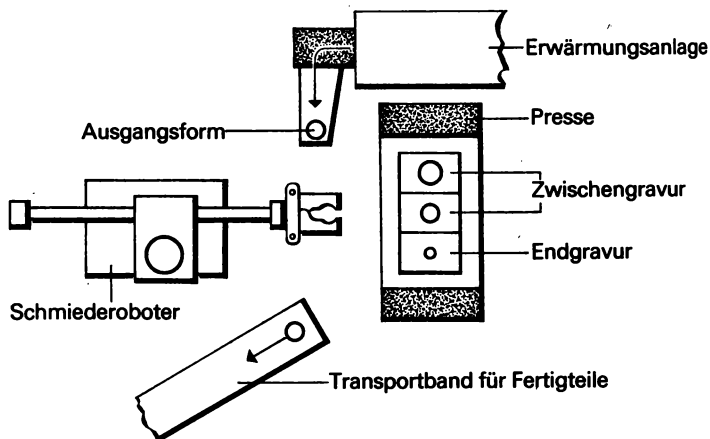
Schleppfehler: Differenz aus der mittleren Istbahn und der programmierten Sollbahn des Arbeitsorgans eines IR.

Schleppkettenförderer: Förderer für Stückgut, bei dem das von Rollwagen getragene Fördergut durch besondere Zug- oder Schubmittel, i. allg. Ketten, bewegt wird.

Schließgenauigkeit $\nearrow$ Greifgenauigkeit.

Schmiedeindustrieroboter, Schmiedeoroboter: Roboter zur Automatisierung von Vorgängen im Schmiedeprozess. Der S. wird bisher i. allg. als Beschickungsroboter eingesetzt und legt die Schmiedestücke in die Schmiedepresse ein bzw. dreht und bewegt diese im Hammer. Der geöffnete Greifer verbleibt während des Stauchens im Arbeitsraum der Presse, um kurze Stückzeiten zu erreichen. Die Höhe der Greiferzangen muß geringer sein als die Endhöhe der gestauchten Zwischenform. Die extremen Bedingungen stellen sehr hohe Anforderungen. Schwere glühende Teile müssen mit großer Geschwindigkeit bewegt werden. Da die Schmiedeteile während der Bearbeitung oft beträchtliche Formänderungen erfahren, sind die Greifer meist kompliziert und schwer. Im Gesenk haftende Werkstücke machen zusätzliche Kräfte erforderlich und stellen ein Problem dar. Abb.

Schmiedemanipulator: ein auf Rädern frei oder auf Schienen verfahrbarer Manipulator zum Handhaben glühender Schmiedeböcke von 0,5 bis 10 t



Einsatzbeispiel für einen Schmiedeoroboter

Masse in metallurgischen Betrieben. Der S. wird von einem Operateur nach Sicht gesteuert. Er wurde in den vierziger Jahren entwickelt und löste die bis dahin übliche, am Kran hängende Blockwenderkette ab. Dem S. ähnliche Konstruktionen, die anstelle eines Greifers eine Abstichstange tragen, werden z. B. auch für den Höch- oder Karbidofenabstich eingesetzt.

Schmiederoboter → Schmiedeindustrierober.

Schneckenförderer: Schüttgutförderer mit sich drehenden, schraubenförmig gewundenen Flächen (Schneckengängen) oder gleichmäßig oder versetzt angeordneten Flügeln als Bewegungsmittel für das Fördergut.

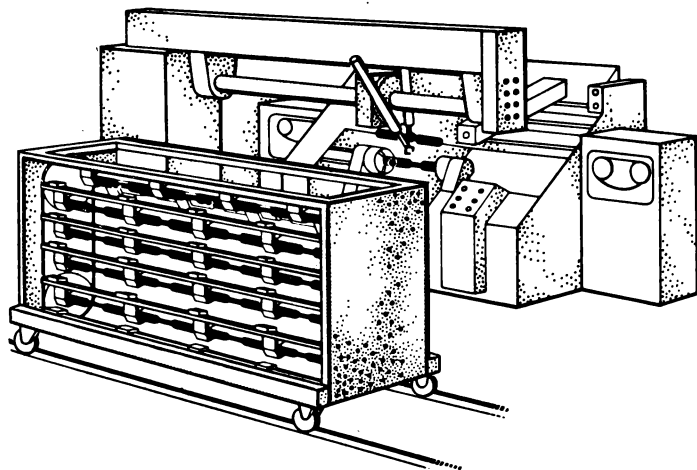
Schneckengetriebe: aus Schnecke und Schneckenrad bestehendes Zahnradgetriebe, bei dem sich die Achsen (Wellen) im Gestell im Winkel von 90° kreuzen. Die S. werden gelegentlich bei Drehgelenkantrieben in IR mit geringen Tragkräften verwendet.

Schnittstelle → Interface.

Schöpfradbunker: Werkstückspeicher für ungeordnetes Arbeitsgut. Beim S. sind innerhalb eines feststehenden Behälters (Bunker) radförmig Schöpfelemente (Segmente, Haken) angeordnet, die in vertikaler Ebene rotieren und zufällig in Vorzugsrichtung liegende Werkstücke aufnehmen, emporheben und diese geordnet in ein angeschlossenes Magazin befördern.

Schöpfsegmentbunker: Werkstückspeicher für ungeordnetes Arbeitsgut. Beim S. ist innerhalb eines feststehenden Behälters (Bunker) ein Segment angeordnet, welches vertikale Hubbewegungen ausführt und damit zufällig in Vorzugslage befindliche Werkstücke aufnimmt, emporhebt und diese in oberster Stellung des Segments geordnet in ein angeschlossenes Magazin geleitet.

Schrankspeicher: Kettenumlaufspeicher in Schrankbauform, der verfahrbar sein kann und zum Bereitstellen von Werkstücken für Beschickungsroboter



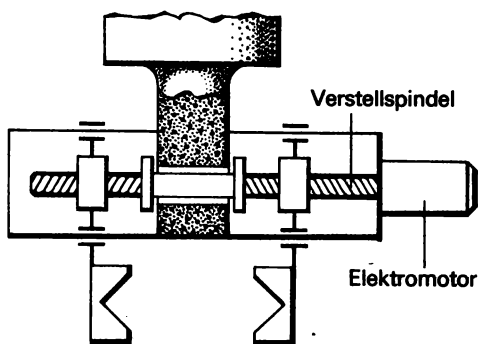
Verfahrbarer Schrankspeicher

dient. Am Kettenlauf sind Gehänge angebracht, auf denen sich das Speichergut befindet bzw. auf denen Lagesicherungselemente zum Aufnehmen von HHO befestigt sind. Abb.

Schraubengetriebe: Übertragungsgetriebe, welches aus einer Verbindung von Schraubgelenken (Bewegungsschrauben) mit anderen Gliedern und Gelenken oder Getriebearten entsteht. Das S. wird z. B. häufig für elektrische Linearereinheiten für IR und elektromotorisch angetriebene Greifer verwendet.

Schraubroboter: Portal- oder Drehgelenkroboter, der einen automatischen Ein- oder Mehrfachschräuber handhabt. Das Anzugsverfahren kann freiprogrammierbar ablaufen. Der S. ist mit Drehmoment-Drehwinkelsensoren ausgestattet. Der Schraubvorgang kann z. B. so organisiert werden, daß zuerst alle Schrauben vorangezogen werden und in einem zweiten Durchgang dann ein streckgrenzkontrollierter Anzug erfolgt. Die Bereitstellung von Schrauben bzw. Muttern kann, sofern die Schrauben nicht schon an vorhergehenden Arbeitsplätzen eingesteckt wurden, über externe oder roboterintegrierte Zuführeinrichtungen erfolgen.

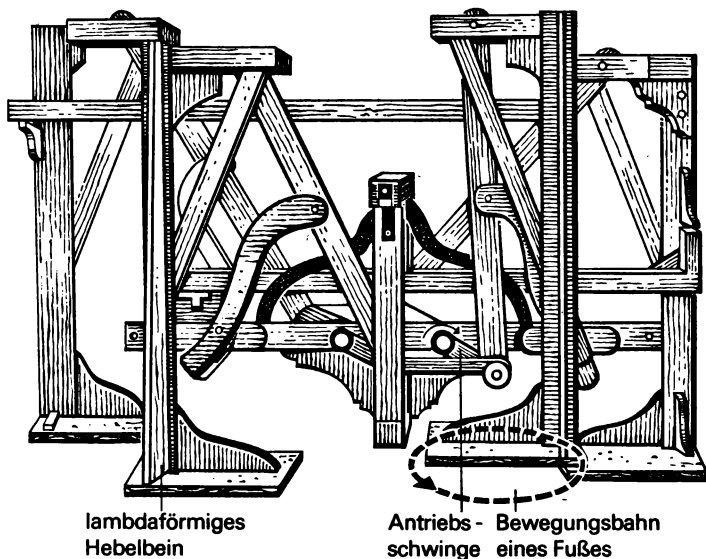
Schraubstockgreifer: Bezeichnung für einen mechanischen Zweifingergreifer mit starren Backen, die sich parallel schließen. Der Antrieb wird hauptsächlich über Spindel- und Koppelgetriebe realisiert. Abb.



Wirkprinzip des
Schraubstockgreifers

Schreibautomat, anthropomorpher: kurvengesteuerter $\nearrow$ Android, der zur Unterhaltung und Schaustellung programmierte Texte fertigt. Bekannte Automaten dieser Art sind der Schreiber von *Jaquet-Droz* (1774), der Schreiber-Zeichner von *Droz* und *Maillardet* (1800) und der Schreibautomat von *Knaus* (1760). A. S.en sind Meisterwerke der Mechanikerkunst. *Knaus* verwendete z. B. eine Kombination von analoger und digitaler Technik: die Buchstabenformen wurden in Gleitkämmen gespeichert, während die Buchstabenfolge in eine Stiftrummel programmiert wurde, die nach heutigem Maß über 2500 bit Speicherkapazität besitzt.

Schreiten: Fortbewegungsart, bei der sich gegliederte künstliche Extremitäten mit eigenen Sensoren und Antrieben koordiniert so bewegen, daß zu jedem Zeitpunkt mindestens eine Extremität Bodenberührung hat. Das Sy-



Schreitmaschine von *Tschebyschow*

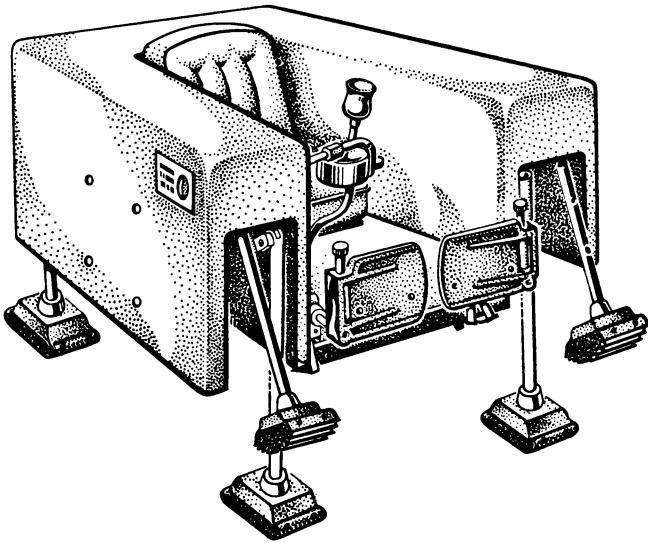
stem der Beinbewegungen bei Spinnen, Tausendfüßern und Insekten hat für die Konstruktion von Schreitmaschinen für unwegsames Gelände Bedeutung (Ausgleich sehr ungleicher Abstände zwischen Boden und Rumpf bei Vermeiden des Einklemmens in Bodenhindernissen). Die Analyse des menschlichen Gehens ist bionisch für den technischen Ersatz (Schreitroboter) und die Verstärkung der natürlichen Funktion (↗ Außenskelett, aktives) von Interesse.

Schreitmaschine, Laufmaschine: gesteuertes technisches System zur Ausübung ausgewählter Funktionen, die der Fortbewegung von Tieren und Menschen durch Schreiten ähnlich sind. Vgl. Pedipulator, Roboter. Abb.

Schreitroboter: Roboter, der sowohl über einen oder mehrere Manipulatoren verfügt als auch über Pedipulatoren, mit deren Hilfe er sich schreitend vorwärts bewegt. Die Gangart hängt von der Anzahl der Pedipulatoren ab. Ein Beispiel für einen S. ist der japanische Roboter WABOT.

1969 wurde in Japan begonnen, zweibeiniges Schreiten zu untersuchen. Eine weitere Stufe war das 1972 entwickelte künstliche Bein WL-5 (Waseda Leg). Der S. WABOT 1 benötigt für einen 17 cm Schritt 40 s; 1973 bis 1975 besitzt der S. den Freiheitsgrad $10 + 2$ für das Rumpfberteil; 1980 wurde quasidynamisches Schreiten realisiert und für einen 45 cm Schritt 9 s benötigt.

Schreitstuhl, Krankenschreitstuhl: Schreitmaschine für gehbehinderte Personen, die Hindernisse, die mit Rädern nicht mehr zu bewältigen sind, z. B. Bordsteinkanten, überwinden kann. Bisherige Projekte, dazu gehört auch



Schreitstuhl: Projekt für einen Krankenschreitstuhl

der in der Abb. dargestellte achtbeinige S., weisen aber eine nur geringe Fortbewegungsgeschwindigkeit (z. B. 2,4 km/h) und noch erhebliche technische Probleme auf. Abb.

Schritt, Programmschritt: Bezeichnung für die Untergliederung eines Handhabeprogramms. Ein S. enthält Befehle für alle gleichzeitig ausführbaren Arbeits-S., z. B. Achsbefehle, Sollwerte, Verweilzeiten, Verriegelungen. Ein Programm-S. ist ausgeführt (abgearbeitet), wenn bei einer Ablaufsteuerung die Ausführung aller Befehle quittiert worden ist bzw. wenn bei einer Zeitplansteuerung eine bestimmte (programmierte oder fest eingestellte) Zeitdauer abgelaufen ist. Danach wird der nächste S. aufgerufen. Vgl. Satz.

Schrittantrieb: Antrieb, bei dem digitale Eingangsimpulse direkt in äquivalente Schrittbewegungen umgesetzt werden. Ein elektrischer S. erfordert eine umfangreiche Elektronik, um die Eingangsgrößen, wie Impulszahl, -frequenz und Drehrichtung, in Ausgangsgrößen, wie Schrittzahl-, -geschwindigkeit und Drehrichtung, umzusetzen. Vgl. Schrittmotor.

Schrittautomatik, Step, Step run: Betriebsart, bei der mit Betätigung des Starttasters immer nur ein Schritt bzw. Satz abgearbeitet wird. Danach geht die zu steuernde Einrichtung in den Stoppzustand. Der folgende Schritt bzw. Satz erfordert wiederum die Betätigung der Starttaste, was steuerungsintern als Quittierung des vorangegangenen Schrittes bzw. Satzes angesehen wird.

Schrittfehler: beim Schrittmotor die Abweichung zwischen Impulsfrequenz, mit der der Motor angesteuert wird, und der ausgeführten Schrittfrequenz.

Schrittkontrolle: Betriebsart einer IR-Steuerung, bei der die Automatikzyklen sequentiell in den kleinsten Einzelschritten überprüft werden können und eine Korrektur der eingerichteten Positionen vorgenommen werden kann.

Schrittmotor: elektromechanischer Wandler, der eine elektrisch vorgegebene Impulsmenge S in eine definierte Anzahl von Winkelschritten Δa umsetzt. Der Schrittwinkel, um den der Läufer des S. bei jedem Steuerimpuls weitergeschaltet wird, ist konstant und hängt vom Aufbau des S. ab. Üblich sind Werte von 30° und weniger. Es gibt S. mit einer Auflösung, die besser als 1° ist. Der Gesamtwinkel ist $a = \Delta a \cdot S$ und die Winkelgeschwindigkeit $\omega = \Delta a \cdot f_s$ (f_s Schrittfrequenz).

Der S. ist ein wichtiges Antriebselement in der Automatisierungstechnik und wird auch für den Antrieb von kleinen IR verwendet. Neben dem S. ist eine Ansteuerelektronik notwendig, um die Eingangsgrößen (Impulszahl, -frequenz, Drehrichtung) in die Ausgangsgrößen (Schrittanzahl, -geschwindigkeit, Drehrichtung) umzusetzen. Der S. paßt sich der digitalen Arbeitsweise voll an und garantiert innerhalb des Toleranzbereichs ein fehlerfreies Nachfolgen der vorgegebenen Impulsreihen. Frequenz- und momentenabhängige Nachlauffehler werden bis zum Stillstand abgebaut. Im Stillstand steht ein ausreichendes Haltemoment zur Verfügung.

Schrittschaltwerk: mechanische bzw. elektromechanische Einrichtung, mit der schrittweise Bewegungen erzeugt werden können, z. B. zum Umschalten von Programmwalzen. Vgl. Kugelschrittschaltwerk.

Schrittzyklogramm: grafische Darstellung eines vollständigen Bewegungszyklus an einem IR-Arbeitsplatz. Dabei werden zu jeder Programmschrittnummer die Zustände des Arbeitsmittels, die Lage und Bewegung der Bewegungssachsen des IR, der Signalaustausch mit der Peripherie und sonstige Aktivitäten bzw. Zustände angegeben. Das S. ist Grundlage und Hilfsmittel für die Erstellung von Programmen.

Schubantrieb: 1. ↗ Linearantrieb. – 2. ↗ Lineareinheit, elektrische. – 3. ↗ Lineareinheit, hydraulische.

Schubgelenk: Gelenk, bei dem das eine Glied eine Geradschiebung gegen das andere Glied ausführt.

Schultergelenk ↗ Drehgelenkroboter.

Schutzgüte: vorgeschriebenes qualitatives Anforderungsniveau an Arbeitsmittel und -verfahren zur Gewährleistung des Gesundheits- und Arbeitsschutzes. IR müssen unter Ausschöpfung aller technisch und wirtschaftlich vertretbaren Möglichkeiten so gestaltet und aufgestellt werden, daß Gefahrensituationen, die die Arbeitssicherheit beeinträchtigen, ausgeschlossen sind. Die S. muß für jeden Einsatzfall nachgewiesen werden. Das bezieht sich besonders auf eine ausreichend feste und überlastungssichere Konstruktion, den Schutz vor bewegten Teilen (Umzäunung) sowie Quetsch- und Scherstellen, Gefahren bei Energieausfall bzw. -wiederkehr, die ungewollte Auslösung von Schalt- und Steuervorgängen, das Not-Aus-Verhalten, das sichere Halten von HHO durch den Greifer u. a. Schutzmaßnahmen. Die Forderungen nach hoher S. müssen bereits bei der Layoutplanung berücksichtigt werden, indem die Schutzzonen, z. B. bei Mehrmaschinenbe-

dienung, aber auch notwendige Flächen für Instandhaltung und Fehlersuche vorgesehen werden.

Schutzgitter → **Schutzzaun**.

Schutzzaun, Schutzgitter: mechanisch wirkendes Schutzmittel zur Abschirmung des Gefährdungsbereichs an IR-Arbeitsplätzen. Der Zugang zum Bereich darf nur über verriegelte Türen erfolgen. Die maßliche Gestaltung hat den Abstand des Gefährdungsfaktors vom Fußboden, von der Abschirmung und die Abschirmhöhe zu berücksichtigen. Soll der S. auch vor wegfliegenden Teilen schützen, ist dessen Verankerung erforderlich. In Abhängigkeit von der Masse der Teile ist eine statische Berechnung des Schutzmittels vorzunehmen.

Schweißindustrieroboter, Schweißroboter: technologischer (werkzeugführender) IR, der selbständig Schweißbrenner, Schweißzangen sowie Schweißteile bewegt. Für letztere Aufgabe stehen meist Kippdrehtische zur Verfügung. Der S. besteht aus einem Führungsgetriebe für das Schweißwerkzeug, der Wegsteuerung und technologischen Funktionsgruppen. Sie sind hinsichtlich Positionierung und Prozeßablauf programmierbar. Mit Hilfe ihrer Bewegungsachsen, der Steuerung und Sensoren finden die S. die Stelle, wo sie selbständig schweißen, kleben, löten, flamspritzen oder brennschneiden. Mitunter wird der S. neben dem Schweißbrenner mit einem Greifer ausgerüstet, so daß er zum selbstbeschickenden S. wird. Vgl. Lichtbogen-schweißroboter, Punktschweißroboter. Tab.

Bestandteile eines Baukastensystems für Schweißindustrieroboter:

Hilfseinrichtungen	Werkzeugführung	Maschinen-gestell	Schweiß-apparat	Schweißteil-aufnahme
Kühlaggregat	Schub-einheiten	Grund-rahmen	Schweiß-zeug	Grundplatte
Absaugung	Drehein-heiten	Träger	Drahtvor-schub-system	Drehvorrich-tung
Vorrichtung zur Wartung des Schweißwerkzeuges, z. B. Brennerreinigung	Positions-steuerung	Konsole	Strom-quelle	Kipp-, Dreh-Schwenktisch
	Positions-sensoren	Säulen	Prozeß-steuerung	Spannele-mente
	Halterung für Schweiß-werkzeug	Ausleger	Prozeß-sensoren	Steuerung für Schweißteil-aufnahme
	Kollisions-schutz		Prozeß-überwachung	
			Pendelein-richtung	

Schweißnahtverfolgung: 1. ↗ Nahtverfolgungssystem. – 2. ↗ Bahnverfolgung.

Schweißroboter ↗ Schweißindustrieroboter.

Schwenkeinheit: Baueinheit, die zur gesteuerten oder geregelten rotatorischen Verstellung und Positionierung des Arbeitsorgans eines IR dient. Der Verstellwinkel ist kleiner als 360° , oft beträgt er nur 90° oder 180° .

Die Schwenkbewegung kann durch an der S. installierte hydraulische, pneumatische oder elektrische Antriebe erzeugt werden oder durch Antriebe in Gestellnähe (Zentralantrieb). In diesem Fall muß die Bewegung über Parallelkurbelgetriebe, Mehrwellengetriebe, Ketten, Seile u. a. erfolgen. Damit sind jedoch die Nachteile eines höheren Aufwands an mechanischen Elementen, der Spiele, des Verschleißes und der Geräusche verbunden.

Schwenken: Handhabeoperationen, die das Bewegen eines HHO mit einem Winkel $<360^\circ$ in eine neue Lage um eine Achse senkrecht zur projizierten Grundfläche des Objekts und außerhalb dieser bezeichnet. Vgl. Drehen, Wenden.

Schwenkmotor ↗ Drehwinkelmotor, hydraulischer.

Schwenkwinkelmotor ↗ Drehwinkelmotor, hydraulischer.

Schwerkraftausgleich ↗ Lastausgleich.

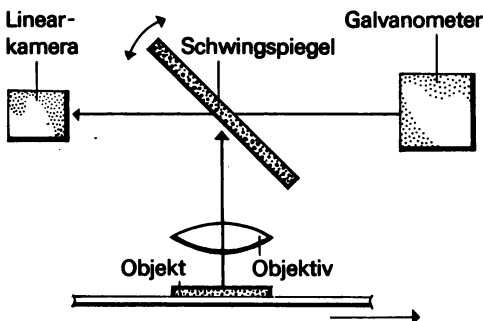
Schwerlastmanipulator: ferngesteuerter Manipulator, der im industriellen Bereich dort eingesetzt wird, wo der Mensch von schwerer physischer Arbeit entlastet werden soll. Tragkraft und Reichweite des Menschen werden weit übertroffen. Der S. hat keine Programmsteuerung. Diese übernimmt der Operateur. Er trifft die Entscheidungen und leitet die Bewegungen ein.

Schwingarm-Feeder: Bezeichnung für eine fest an Pressen angebaute Ein- und Ausgabeeinrichtung zum Entnehmen von z. B. großen Blechteilen aus Pressen und Weitergabe zur nächsten Station. Sie können in der Art einer ↗ Eisernen Hand fest programmiert sein, aber auch bis z. B. 7 frei programmierbare Bewegungsachsen im Greifsystem haben.

Schwingarmgreifer: pneumatisch oder hydraulisch angetriebener Greifermechanismus in der Art einer Einlegeeinrichtung, auch ↗ Eiserne Hand genannt. Er ist zum Ein- und Ausgeben von Werkstücken, insbesondere großen Blechteilen an automatisierten Umformmaschinen, bestimmt.

Schwingförderer: Einrichtung zum Bewegen von auf geraden oder gebogenen Rinnen, Wendeln oder Rohren befindlichen HHO in waagerechter oder geneigter Richtung durch Massenkräfte (Vibrator). Nach der Art des Antriebs lassen sich S. in solche mit Zwangslauf-, Unwucht-, elektromagnetischem und pneumatischem Antrieb einteilen. Der S. wird seit etwa 1950 zunehmend häufiger für die Automatisierung verwendet. Seine Vielseitigkeit und Einfachheit sowie der geringe Aufwand ließen den S. bei der Lösung vieler Handhabeaufgaben in fast allen Industriezweigen Eingang finden, auch als periphere Einrichtung an IR-Arbeitsplätzen.

Schwingspiegelsensor: Strahlungssensor für Infrarotstrahlung bzw. Strahlung des sichtbaren Bereichs mit Verwendung einer speziellen Form von Bildausgleichselementen zur optischen Abtastung von Objekten. Vgl. Drehspiegelsensor. Abb. S. 304.



Schwingspiegelsensor

Schwingtopf ↗ Vibrator.

Science-Fiction-Roboter: Robotertyp, der i. allg. in utopischen Erzählungen als menschenähnlicher, mehr oder weniger intelligenter Schreitroboter vorgestellt wird. Die Vielzahl der beschriebenen Fähigkeiten, Kommunikationsmöglichkeiten und Intelligenzleistungen ist jetzt und in absehbarer Zukunft technisch nicht realisierbar. Hauptproblem eines sich frei im Raum bewegenden S. wäre außerdem die Versorgung mit Energie.

Seilzugfinger: Bestandteil eines Mehrfingergreifers. Der gesteuert bewegbare ein- oder mehrgliedrige Finger wird von einer mehr oder weniger zentralen Stelle aus über ein Drahtseil bzw. einen Zugdraht angetrieben.

Aus S. werden vor allem Fünf-, Vier- und Dreifingergreifer gebildet, die eine praktische Anwendung in der Prothetik gefunden haben. In der industriellen Handhabetechnik haben sich mechanische Fingergreifer mit mehrgliedrigen S. aufgrund ihres großen technischen Aufwands im Verhältnis zu dem i. allg. spezialisierten Einsatz der Manipulatoren nicht durchgesetzt.

Seitendrehmanipulator: hydraulischer Manipulator zum Greifen und Heben von Rundholz auf Holzausformungsplätzen. Er kann stationär oder mobil verwendet werden. Als Greifer werden Zweischalenzangengreifer angewendet. Der Einsatz von S.en großer Reichweite auf Holzplätzen sowie im Bereich der Zellstoff-, Platten- und Schnittholzindustrie bringt größere Produktionssicherheit und Senkung laufender Betriebskosten. Vgl. Frontmanipulator, Seitenmanipulator. Abb.

Seitenmanipulator: Manipulator, der wie der Seitendrehmanipulator für die Handhabung von Langroh Holz vorgesehen ist. Er steht seitlich neben dem Holzlager, so daß die Längsachse des Holzstamms und der Manipulatorarm eine Richtung aufweisen.

Selbstorganisation: Fähigkeit eines kybernetischen Systems, seine Struktur zu verbessern, um größere Stabilität zu erreichen bzw. sein inneres Milieu besser und zweckmäßiger gegen Störungen aus der Umwelt bzw. gegen Abnutzungserscheinungen im Innern zu verteidigen (nach Klaus).

Selbstpositionierung: Vorgang der Positionierung, insbesondere bei automatischer Montage. Die erforderliche Feinposition zwischen Montagebasis-

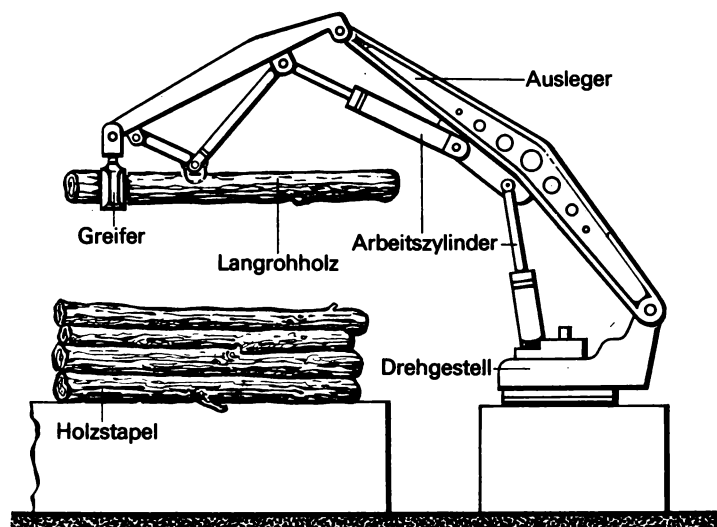
teil und Montageteil wird allein durch Schwerkraftwirkung und durch eine besondere Ausstattung der Teile mit Einführ-, Zentrierschrägen u. ä. erreicht. Vgl. Positionierhilfe.

Selbstreparatur: Fähigkeit eines kybernetischen Systems, durch Einwirkung von Störungen oder durch Abnutzung ausgefallene Bauelemente bzw. Teilsysteme entweder durch Einschaltung von vorhandenen Reservesystemen oder durch Reproduktion dieser Teilsysteme mit Hilfe von Energie, Stoff und Strukturen aus der Umgebung zu ersetzen. Die S. ist ein Spezialfall der Selbstorganisation (nach *Klaus*).

Selbstreproduktion: Fähigkeit kybernetischer Systeme, aus Bauelementen (Stoff, Energie, Organisation), die in der Umgebung zur Verfügung stehen, ein Duplikat ihrer selbst zu konstruieren bzw. aufzubauen. Lange war man der Auffassung, daß es im Bereich der Automaten keinen im Vergleich zum organischen Bereich analogen Vorgang geben könne, da der Automat, der einen anderen Automaten produziert, stets einen größeren Informationsgehalt haben müsse als der erzeugte Automat. *J. v. Neumann* hat jedoch 1950 gezeigt, daß dies nur für Automaten gilt, die unterhalb einer gewissen Stufe der Komplexität liegen. Die S. hat vorläufig noch keine praktische Bedeutung und dient vor allem der Entwicklung der Forschung im Bereich der Automatentheorie (nach *Klaus*).

Selsyn ↗ Resolver.

Semantik: Regeln und Konventionen, nach denen die Konstruktionen einer Sprache interpretiert werden und ihnen eine Bedeutung zugeordnet wird. Vgl. Programmiersprache.



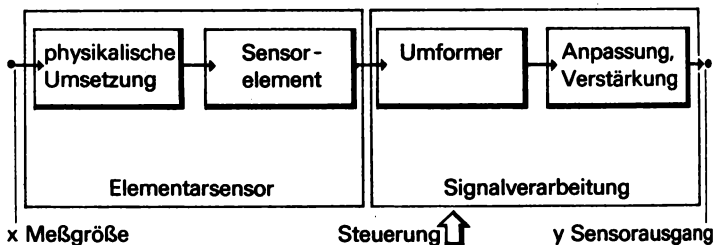
Seitendrehmanipulator

Sensibilisierung [lat.]: in der Handhabetechnik das Erzeugen einer Empfindlichkeit, besonders des Arbeitsorgans, gegenüber Berührung, Temperatur, optischen oder auditiven Wahrnehmungen. Die S. wird durch den Einbau von Sensoren erreicht.

Sensor: allgemein eine konzentriert oder verteilt ausgeführte Baueinheit (Bauelement, Baugruppe, Gerät, Gerätesystem), die der Gewinnung von Informationen über Eigenschaften, Zustände oder Vorgänge dient und hierfür signifikante (bedeutsame) Eingangssignale auf die für die weitere Nutzung geeignete Ausgangssignale abbildet. Die Bezeichnung S. ist ein international gebräuchlicher, in bezug auf den Inhalt jedoch unterschiedlich angewandter Sammelbegriff für spezifische gerätetechnische Bestandteile von Erkennungssystemen. Die Unterschiede sind wesentlich geprägt durch die Entwicklung der funktionellen Integration und den sich daraus ergebenden gerätetechnischen Konsequenzen. Im engsten Sinne wird der Begriff von Herstellern elektronischer Bauelemente gebraucht. Für sie sind S. Bauelemente zur Abbildung nichtelektrischer auf elektrische Signale. Im weitesten Sinne werden auch schon als Kompaktgerät ausgeführte komplette Erkennungssysteme mit Meßwerterfassungs- und -verarbeitungsfunktionen als S.en bezeichnet. Dieser Sachverhalt läßt es zweckmäßig erscheinen, den Begriff S., wie oben ausgeführt, sehr allgemeingültig zu definieren und spezifische Eigenheiten der jeweiligen Ausführung durch Begriffserweiterungen zu kennzeichnen. Zu erfassende Größen können z. B. sein: Temperatur, Druck, Position, Bewegung, Länge, Abstand, Durchfluß, Volumen, Masse, Dichte, Feuchte, pH-Wert, Schichtdicke, Stückzahl (Zählgröße), Füllstand, Lösungsmittelkonzentration, Kraft, Moment, Viskosität, Winkel, Winkelgeschwindigkeit, Drehzahl, Strahlung, Felder. Abb.

Sensor, akustischer, Sensor, auditiver: Sensor, dessen Ankopplung an den Prozeß bzw. an Prozeßelemente (Objekte) über mechanische Feldenergie (Schallenergie) erfolgt. A. S.en können aus Schallsender und Schallempfänger, z. B. Ultraschallsensor, oder nur aus dem Schallempfänger, z. B. Beschleunigungssensor, bestehen.

Sensor, analoger: Sensor, der die am Prozeß oder am Prozeßelement gewonnene Information auf ein analoges Ausgangssignal abbildet. Im engeren Sinne handelt es sich dabei um ein amplitudenanaloges Ausgangssignal.



Grundprinzip des Sensors

Sensor, approximativer → Näherungssensor.

Sensor, auditiver → Sensor, akustischer.

Sensor, äußerer → Sensor, externer.

Sensor, binärer: Sensor, der eine am Prozeß oder an einem Prozeßelement gewonnene Information auf ein binäres Ausgangssignal abbildet. Häufig handelt es sich dabei um ein amplitudenbinäres Signal.

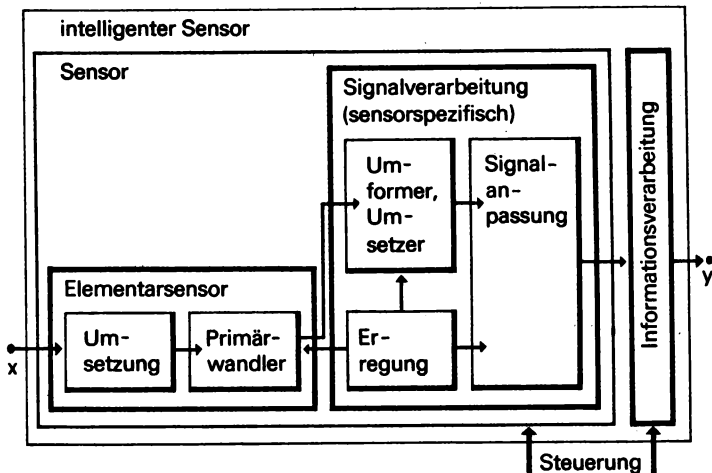
Sensor, digitaler: Sensor, der eine am Prozeß oder an einem Prozeßelement gewonnene Information auf ein digitales Ausgangssignal abbildet.

Sensor, externer, *Sensor, äußerer*: Sensor, der Informationen im Arbeitsraum automatisch gesteuerter Maschinen, z. B. im Arbeitsraum von IR, erfaßt. Er kann Konstruktionsteil der Maschine sein oder eine von der Maschine getrennte gerätechische Einheit bilden.

Sensor, fluidischer: Sensor, bei dem die Informationsgewinnung am Prozeß bzw. Prozeßelement auf der Beeinflussung von Stoffströmen (Fluiden) beruht. Im allgemeinen werden f. S.en als Näherungssensoren eingesetzt. Sie sind unempfindlich gegen elektrische und magnetische Störfelder, häufig auch gegen Temperaturänderungen und Schmutzanfall. Bedeutung für die industrielle Praxis haben insbesondere pneumatische Sensoren.

Sensor, frequenzanaloger, *Sensor, pseudodigitaler*: Sensor, der die am Prozeß oder am Prozeßelement gewonnene Information auf die Frequenz eines i. allg. elektrisch analogen Ausgangssignals abbildet. Diese Form der Abbildung ist vorteilhaft für die Anwendung von mikroelektronisch realisierbaren Impulszahl- oder Periodendauer-Meßverfahren zur Umsetzung auf ein digitales Ausgangssignal.

Sensor, induktiver: Sensor, bei dem die Informationsgewinnung auf der Beeinflussung des magnetischen Gleich- oder Wechselfeldes eines elektro-



Funktionsinhalt eines intelligenten Sensors

magnetischen Systems durch Eigenschaften ferro- (ferri-) oder nichtferromagnetischer metallischer Objekte (*Prozeßelemente*) beruht. I. S.en arbeiten mechanisch berührungslos und werden häufig als Abstands- oder Näherungssensoren eingesetzt.

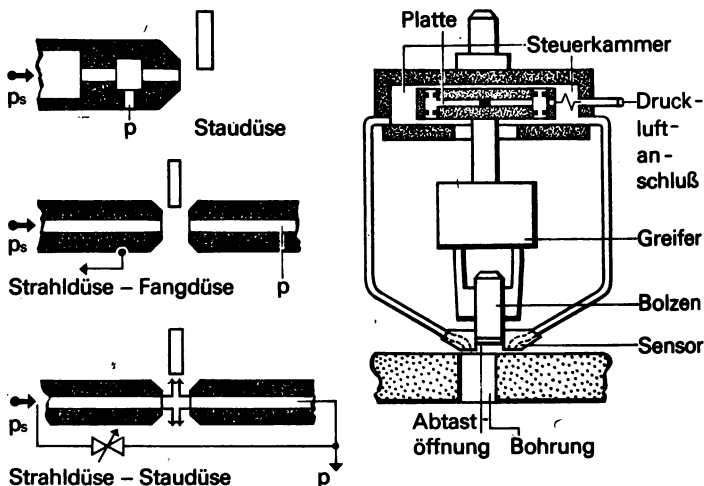
Sensor, intelligenter, smart sensor: als kompakte, vorzugsweise miniaturisierte Baueinheit vorliegender Sensor mit funktioneller Integration von Signalerfassungsteil und Signalverarbeitungsfunktionen, z. B. für die Korrektur von Nullpunktverschiebungen, Nichtlinearitäten, Temperatureinflüssen, für den Vergleich mit Sollwerten oder zur direkten Verkopplung mit Aktoren. Abb. S. 307.

Sensor, interner: Sensor zur Bestimmung des Wertes interner aktueller Zustandsgrößen von Automatisierungsmitteln, z. B. für Position, Geschwindigkeit, Beschleunigung bewegter Teile von IR oder angreifende Kräfte bzw. Kraftmomente.

Sensor, kapazitiver: Sensor, dessen Ankopplung an den Prozeß bzw. an Prozeßelemente (Objekte) über elektrische Feldenergie erfolgt, wobei das metallische oder nichtmetallische Objekt in Wechselwirkung mit einer gleich- oder wechselstrombetriebenen Kondensatoranordnung tritt.

Sensor, optischer: Sensor, dessen Ankopplung an den Prozeß bzw. an Prozeßelemente über elektromagnetische Strahlung des optischen Bereichs (sichtbarer Bereich einschließlich Ultraviolett- und nahem Infrarotbereich) erfolgt, wobei die Signalgewinnung auf der Beeinflussung strahlen- oder wellenoptischer Kenngrößen einer optischen Anordnung beruht.

Sensor, optoelektronischer: optischer Sensor, bei dem der Strahlungsemitter des Senderteils und bzw. oder der Strahlungsdetektor des Empfängerteils



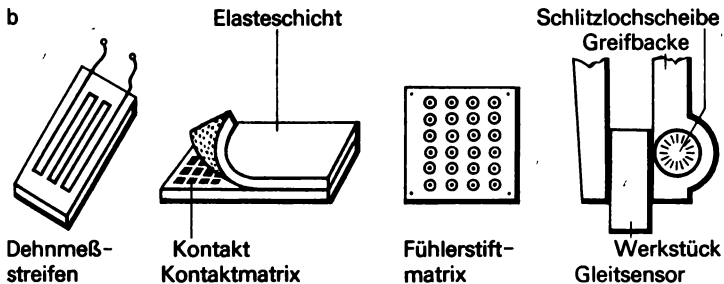
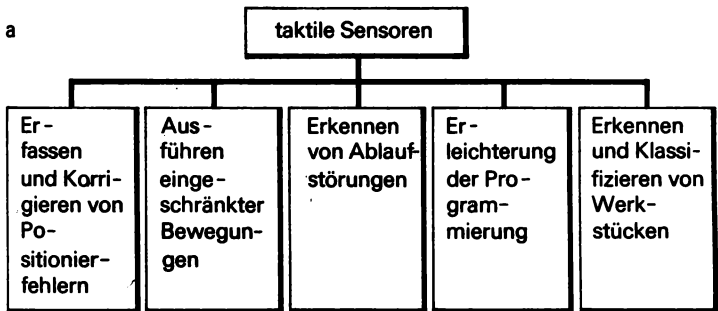
Wirkungsprinzip pneumatischer Sensoren

mit festkörperelektronischen Halbleiterelementen (Lumineszenzdiolen, Fotodioden, Fototransistoren) realisiert werden. Die optische Abtastung kann dabei punkt-, zeilen- oder matrixförmig erfolgen. Die angewendeten o. S.en werden dann dementsprechend als Punkt-, Zeilen- oder Matrix-Sensor bezeichnet ($\rightarrow$ Bildsensor). Um Objektlagen erkennen zu können, reicht es mitunter aus, eine beschränkte Anzahl von Punktsensoren einzusetzen.

Sensor, pneumatischer: Sensor, dessen Ankopplung an den Prozeß bzw. an Prozeßelemente (Objekte) über ein Luftströmungsfeld erfolgt, wobei sich nähernde Objekte eine Veränderung der Strömungsverhältnisse bewirken. Objektmerkmale wie Durchbrüche, Vorsprünge, Kanten u. a. lassen sich mit dem p. S. gut unterscheiden. Ausführungsformen sind: Ringstrahl-, Mantelstrahl-, Rückstau-, Drallstrahldüsen, Strahlschranken, Strahlumklappschalter. Für Montagevorgänge lassen sich p. S.en zu einem pneumatischen Servosystem kombinieren, das z. B. in 0,1 s in einem Erfassungsbe- reich von ± 4 mm in x- und y-Richtung mit einem Positionsfehler von $\approx 10 \mu\text{m}$ arbeitet. Abb.

Sensor, pseudodigitaler $\rightarrow$ Sensor, frequenzanaloger.

Sensor, radiometrischer: Sensor, dessen Prinzip auf der Messung der von



Taktile Sensoren: a Aufgabenbereiche, b Ausführungsbeispiele

Oberflächen reflektierten Strahlung, vorwiegend β -Strahlung, beruht. Die von einem Strahler ausgehende β -Strahlung wird durch einen *Kollimator* (parallele Strahlen erzeugende Einrichtung) im Öffnungswinkel eingeeengt, von der Oberfläche des Objekts reflektiert bzw. gestreut und trifft auf den Detektor. Gemessen wird die Anzahl der je Zeiteinheit auftreffenden β -Teilchen (Elektronen).

Sensor, taktiler: Sensor mit mechanisch berührender Ankopplung an den Prozeß bzw. an Prozeßelemente (Objekte). T. S.en erfassen ein-, zwei- oder dreidimensional auftretende Wegänderungen, Kräfte und bzw. oder Kraftmomente und sind auch für die Signalgewinnung bei der Formerkennung gebräuchlich. Sie werden für die in der Abb. aufgeführten Aufgaben eingesetzt, wobei die Verwendung in der automatischen Montage besondere Bedeutung erlangt. T. S.en können z. B. den programmierten Bewegungsablauf überwachen und diesen bei auftretenden Fehlern unterbrechen oder über Suchbewegungen den IR steuern. Für die Abbildung der mechanischen Berührung auf ein für die weitere Behandlung geeignetes Signal werden vielfältige Formen mechanisch-elektrischer, mechanisch-pneumatischer und auch mechanisch-optischer Wandlerprinzipie genutzt. Häufige Anwendung finden dabei Dehnmeßelemente, bewegungsgesteuerte kapazitive oder elektromagnetische Anordnungen, elastische Schichtanordnungen mit druckabhängigem, elektrischem Widerstand und in neuerer Zeit auch piezoelektrische Polymerfolien. Abb. S. 309.

Sensor, visueller $\rightarrow$ Bildsensor.

Sensorarm: Manipulatorarm, dessen Bewegungen sensorgeführt werden. Im Gegensatz zu einem Kraftarm hat der S. z. B. innerhalb einer flexiblen Montagezelle die feinfühligsten Bewegungsvorgänge auszuführen.

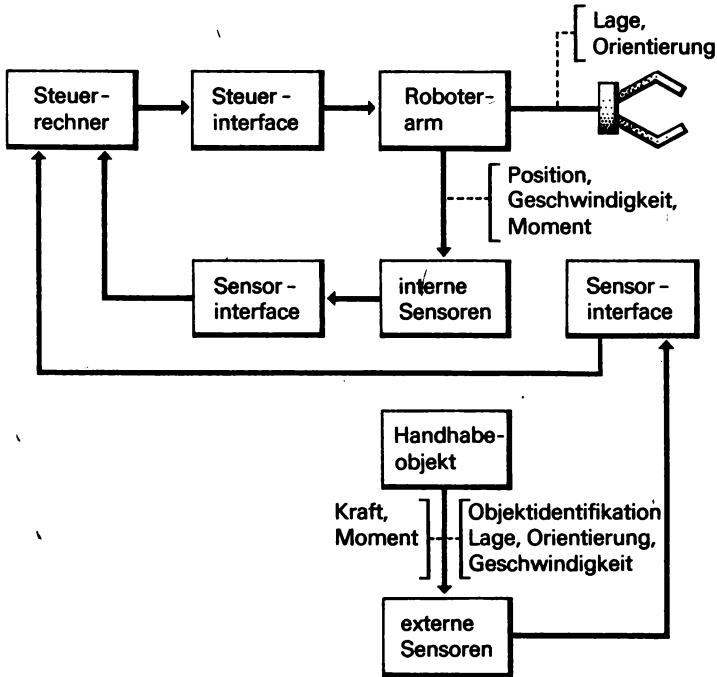
Sensorelement: Bezeichnung für den Teil eines Sensors, in dem die Informationsübernahme von der für die Ankopplung an den Prozeß benutzten Energieform auf die für die weitere Signalbehandlung zweckmäßige Energieform erfolgt. Typische festkörperelektronische S. sind z. B. Hall-Elemente, Feldplatten, Magnetdioden, temperaturabhängige Widerstände, Fotowiderstände, -dioden, -transistoren, -elemente, piezoresistive Widerstände, piezoelektrische Elemente, pyroelektrische Elemente. Vgl. Sensorsystem, Sensorik.

Sensorhaut: flächenhafter Sensor, der auf Berührung reagiert und z. B. aus einer Folie mit matrixartig eingebetteten Kontaktdrähten (auch Graphitfäden) bestehen kann. Die S. wird als Berührungsschutz an bewegten Bauteilen von Handhabeeinrichtungen benutzt.

Sensorik, Sensortechnik: 1. Lehre von den Mitteln und Methoden der Informationsgewinnung zur automatischen Steuerung von Vorgängen. – 2. Sammelbezeichnung für die der Gewinnung aktueller Informationen dienenden Bestandteile (Hard- und Software) eines automatisch gesteuerten technischen Hilfsmittels, z. B. eines IR.

Sensormodul: gelegentlich gebrauchte Bezeichnung für einen als Baueinheit ausgeführten Sensor mit eingeschlossener Signalverarbeitung, i. allg. durch Einsatz der Mikroelektronik realisierbar.

Sensorsteuerung: Steuerung eines Vorganges unter Einbeziehung der von



Sensorsteuerung: Aufbau einer Steuerung mit Sensorführung

Sensoren aufgenommen und von der Erkennungseinrichtung logisch verarbeiteten Informationen. Die S. reagiert somit auf Veränderungen oder Ereignisse in ihrer Umgebung durch entsprechende Modifikation des Steuerprogramms. Typische Anwendungen sind die Montage von Bauteilen, die Oberflächenbearbeitung, das Erkennen und Greifen von teil- oder ungeordneten HHO. Vgl. Nachführregelung. Abb.

Sensorsystem: 1. Gesamtheit der Hard- und Software eines Sensors. – 2. aus Elementen (Sensorelementen) bestehender hardwaremäßiger (geräte-technischer) Aufbau eines Sensors. – 3. Signalerfassungsteil eines geräte-technisch realisierten Erkennungssystems, wenn dieser für die räumlich verteilte Erfassung von Eingangssignalen oder für die Erfassung verschiedenartiger Eingangssignale an einer Meßstelle ausgelegt ist. – 4. geräte-technisch realisiertes Erkennungssystem, das aus mehreren Baugruppen bzw. Geräten besteht.

Sensortechnik ↗ Sensorik.

Sequenzner: 1. in der Steuerungstechnik ein Programmschrittgeber. – 2. rechnergesteuerte automatische Handhabeinrichtung, die aus gegurten elektronischen Bauelementen einen Sequenzgurt herstellt, der nun ver-

schiedene Bauelemente in vorbestimmter Folge enthält. Damit wird das automatische Handhaben von Bauelementen auch bei kleinen Serien automatisierbar.

Sequenzroboter: Einlegeeinrichtung, deren Bewegungsablauf nur durch ihren mechanischen Aufbau bestimmt ist und damit bereits bei der Konstruktion festgelegt wird. Der Begriff S. kommt aus dem japanischen Sprachgebrauch.

Serviceeinheit, Servicemodul: Funktionseinheit zur Durchführung von Inbetriebnahme- und Servicehandlungen in einer Mikrorechnersteuerung. Sie ist mit Bedien- und Anzeigeelementen ausgerüstet. Über die S. können z. B. Diagnoseprogramme gestartet, Speicherinhalte angezeigt und gegebenenfalls RAM-Speicherinhalte geändert werden.

Servicegrad: aus allen Raumwinkeln ψ für den ganzen $\nearrow$ Konfigurationsraum errechneter Mittelwert $\bar{\theta}$ des Bedienungsgrades θ . Der S. bewertet die Qualität der „Hand“ eines Manipulators und seine Funktionsfähigkeit. Er errechnet sich nach der Gleichung $\bar{\theta} = \frac{1}{\gamma} \int_{\theta}^{(\gamma)} d\psi$ (γ Anzahl der Raumwinkel ψ).

Servicemodul $\nearrow$ Serviceeinheit.

Serviceroboter, Home-Robot: Roboter, der auf ein unbemanntes Fahrzeug montiert ist, entlang von im Fußboden verlegten Leitkabeln fährt und in Restaurants, Hotels u. a. öffentlichen Einrichtungen Hilfsdienste anbietet, z. B. Geschirr abtragen, Gerichte bringen, Kunden begrüßen. Der S. verfügt über z. B. 8 Grundbewegungen, spricht 16 Wörter und bewegt sich mit einer Geschwindigkeit von 2 km/h. Er stoppt automatisch, wenn sein Infrarotstrahlensensor eine Person vor sich feststellt. Die Anwendung eines Gruppensteuerungssystems ermöglicht den Einsatz von 5 bis 10 S. in einer Etage.

Servoantrieb: Antrieb einer Einrichtung, z. B. eines IR, mit einem im Folgeregelkreis betriebenen Servomotor. Am häufigsten werden elektrische und hydraulische S. verwendet.

Servoantrieb, elektrischer: Servoantrieb, bei dem über einen Folgeregelkreis ein meist als elektrische Spannung vorliegender Sollwert mit Regeleinrichtungen, Leistungsstellglied, Elektromotor und Lagerückmeldung analog als Weg nachgeführt wird. Für den e. S. eines IR wurden spezielle Gleichstrommotoren entwickelt. Das Blockschaltbild zeigt einen e. S. mit Gleichstrommotor und Thyristorstellglied als Energiesteller. Gemessen wird der Ankerstrom, die Motordrehzahl und der Verfahrensweg, so daß die für Servoregelkreise typische Struktur von Beschleunigungs-, Geschwindigkeits- und Lageregelkreis entsteht. Abb.

Servoantrieb, hydraulischer: Servoantrieb, bei dem über einen Folgeregelkreis z. B. eine Bewegungsachse eines IR durch hydraulische Schub- oder $\nearrow$ Drehwinkelmotoren angetrieben wird. Das Blockschaltbild zeigt einen h. S. mit Hydromotor. Die Steuerung des Drucköls erfolgt durch ein elektrohydraulisches Servoventil. Abb. S. 314.

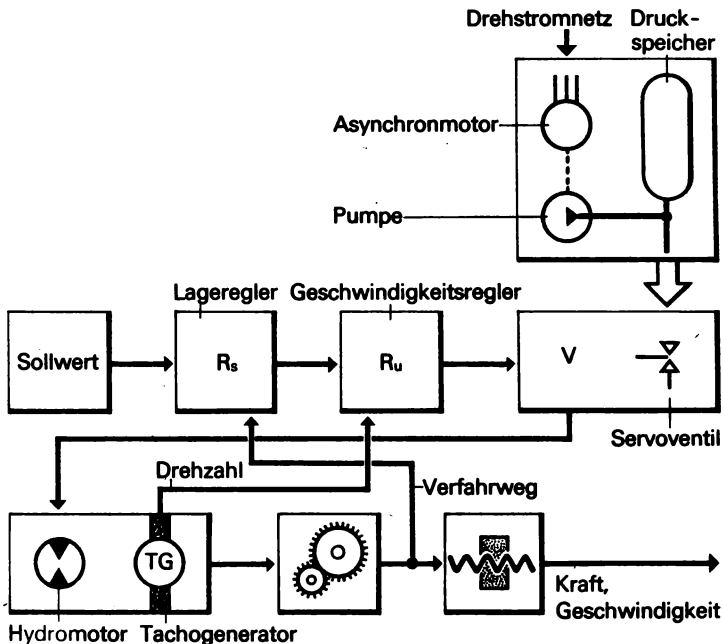
Servogreifer: Bezeichnung für einen Greifer, dessen Greifkraft eingestellt werden kann und die bei jedem Greifvorgang automatisch auf diesen Wert geregelt wird. Vgl. Greifkraftregelung.

Servo-Master-Slave-Manipulator: Master-Slave-Manipulator, bei dem die Eigenschaften von mechanischen Kraftübertragungselementen zwischen Master- und Slavearm durch ein elektrisches ($\nearrow$ Servoantrieb, elektrischer) oder elektrohydraulisches System ($\nearrow$ Servoantrieb, hydraulischer) nachgebildet werden. Der S. vereinigt damit die meisten Vorzüge von mechanischen Master-Slave-Manipulatoren und Kraftmanipulatoren in sich, sofern nicht größere Kräfte verlangt werden. Für kerntechnische Zwecke dominiert der elektrische S. Mit ihm können HHO von 10 bis 25 kg Masse gehandhabt werden.

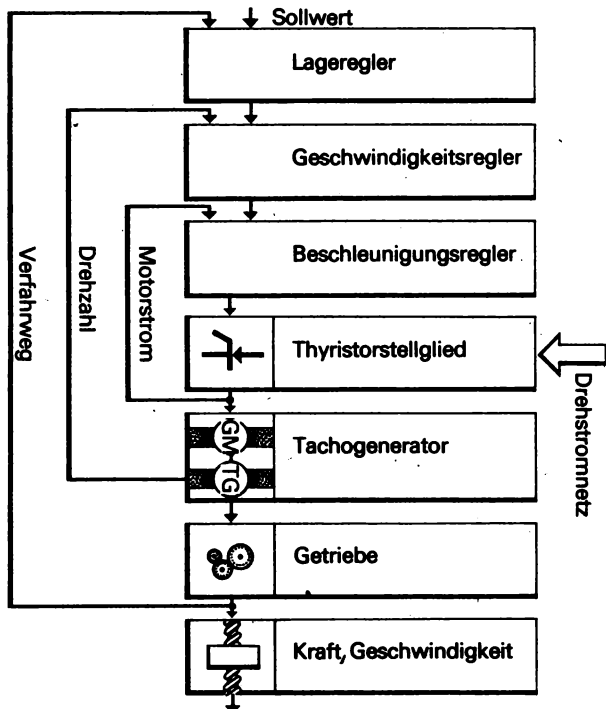
Servomotor, Stellmotor: Hilfskraftmaschine zur Verstärkung von Steuer-, Regel- und Bremskräften. Er ist Betätigungsorgan für Stellglieder bei automatischer Regelung. Nach der Art der Antriebsenergie wird in pneumatische, hydraulische und elektrische S.en unterschieden.

Servo-Parallel-Manipulator $\nearrow$ Master-Slave-Manipulator.

Servoventil: Ventil, dem ein mechanisches, hydrostatisches, pneumatisches oder elektrisches Signal kleiner Leistung eingegeben wird und an dessen Ausgang ein dem Eingangssignal proportionales hydrostatisches ($\nearrow$ Servoventil, hydraulisches) oder pneumatisches leistungsverstärktes Signal abgenommen werden kann.

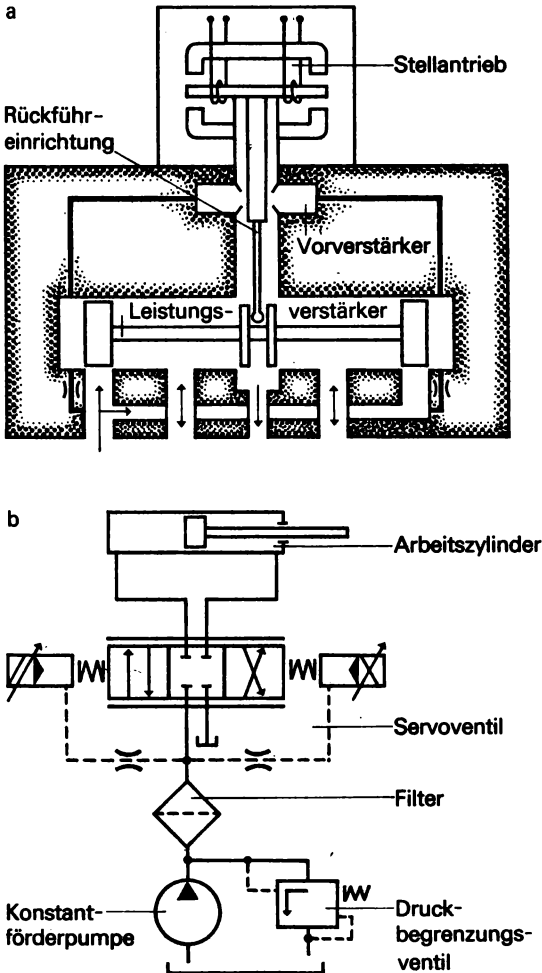


Wirkungsweise eines elektrischen Servoantriebs



Prinzip des hydraulischen Servoantriebs

Servoventil, elektrohydraulisches: Bauelement, das einen Druckölstrom stufenlos und richtungsabhängig durch elektrischen Strom regelt. E. S. setzen kleinste elektrische Steuerleistungen schnell und genau in große hydromechanische Stelleistungen um. Ein zweistufiges e. S. besteht aus dem elektromagnetischen Stellantrieb 1, der hydraulischen Vorverstärkerstufe 2, der hydraulischen Leistungsverstärkerstufe 3 und der Rückführeinrichtung 4. Der Antrieb 1 bewirkt bei angelegtem elektrischem Eingangssignal eine Aussteuerung des Verstärkers 2 vom Typ Düse – Prallplatte. Infolge der dadurch entstehenden und auf die Stirnflächen des symmetrischen Vierkantensteuerkolbens der Verstärkerstufe 3 wirkenden Druckdifferenz wird dieser aus seiner Mittelstellung verschoben. Je nach Verschieberichtung wird nun einer der beiden Steueranschlüsse mit dem Druckanschluß verbunden und der andere mit dem Ablauf. Durch die Rückführeinrichtung 4, bestehend aus einer Biegefeder, die von der Verstärkerstufe 3 auf den Vorverstärker zurückwirkt, wird Proportionalität zwischen dem elektrischen Eingangssignal und der Öffnung des Kolbenlängsschiebers erreicht. Für den Betrieb



Servoventil, elektrohydraulisches: *a* hydraulisches Servoventil, *b* elektrohydraulischer Antrieb

des e. S. ist eine spezielle Ansteuerelektronik erforderlich. Vgl. Servoantrieb. Abb.

Sicherheit: bei einem technischen System der Grad der Nichtgefährdung von Mensch, System und Umwelt, u. a. auch bei Störungen und Fehlbedienung.

Sicherheitsgrenztaster: elektrischer Taster mit Öffnerkontakten, der am

Ende des Bewegungsbereiches einer Bewegungsachse aus Sicherheitsgründen anspricht. S-signale werden im Leistungsteil verarbeitet und führen beim Ansprechen zur Sicherheitsabschaltung. Vgl. Endlage.

Sicherheitssteuerung: spezielle Steuerung, die den geschützten Zugang zum Bereich eines IR-Arbeitsplatzes gewährleistet und dem unbedingten Schutz der Programmierer, Bedienkräfte und des Instandhaltungspersonals vor schnellen und unvorhergesehenen Bewegungen der Roboterausrüstung dient.

Sicherheitstechnik: Gesamtheit der technischen Mittel und Verfahren, die z. B. an IR-Arbeitsplätzen das Umfeld, den Prozeß und den IR selbst, z. B. durch entsprechende konstruktive Maßnahmen, sichert.

Sicherheitstrittplatte ↗ Trittplatte.

Sicherheitszone: Bereich um einen IR, der während des Betriebs von einer Arbeitskraft nicht betreten werden darf und deshalb durch besondere „äußere“ Sicherheitseinrichtungen, z. B. Umzäunungen, Trittplatten, Umwehrungen, Abdeckungen, Verkleidungen, abzusichern ist. Vgl. Kollisionsraum, Kollisionsschutz.

Sichtsystem: Bezeichnung für ein visuelles Erkennungssystem, bei dem von Objekten aufgenommene Schwarzweiß- oder Farbbilder zum Zweck automatisierter Sichtprüfungen, z. B. Qualitätskontrolle, Aussondern fehlerhafter Teile, Vergleich von Oberflächenmustern, verarbeitet werden. Vgl. Erkennungssystem, visuelles.

7-Bit-Kodes: Codes mit 7 binären Informationsparametern zur Darstellung von Groß- und Kleinbuchstaben, Operations-, Interpunktions- und Sonderzeichen (max. $2^7 = 128$ verschiedene Zeichen) auf der Grundlage des ISO-7-Bit-Kodes. Ein zusätzliches 8. Bit kann als Paritätsbit (*Paritätsprüfung*) dienen; dann werden diese Codes manchmal auch als 8-Bit-Kodes bezeichnet. Entsprechend den in der jeweiligen Landessprache verwendeten Schriftzeichen, den Besonderheiten in der Bedeutung und Darstellung einzelner Zeichen, gegebenenfalls in Verbindung mit dem jeweiligen Anwendungsgebiet, leiten sich nationale standardisierte Varianten ab (↗ Sif-1000-Kode, ↗ ASCII-Kode).

SIF [Abk. für *Standard-Interface*]: standardisierte Schnittstelle zwischen Datenverarbeitungsanlage und peripheren Geräten. Vgl. Interface.

SIGLA [ital., Abk. für *Sigma Language*, wobei Sigma wiederum eine Abk. für *Sistema Integrato Generico per la Manipolazione Automatica* ist]: relativ einfache Programmiersprache für IR. Sie wurde von der Firma *Olivetti* 1975 in Italien entwickelt. Jede vom Roboter auszuführende Funktion wird einzeln in der Programmiersprache formuliert und über ein Rechnerterminal eingegeben. Der Befehlsvorrat umfaßt z. B. bedingte Sprünge, Setzen und Abfragen von Zählern, Zweiarmkoordinaten, Auswertung von Signalen eines Kraftmeßgliedes. Es sind mehrere Geräte an einen Rechner anschließbar. Die Sprache ist auch für das Programmieren von Leiterplattenmontagen geeignet.

Die Sprache SIGLA läßt sich in den Hauptmerkmalen wie folgt charakterisieren: parallele Aufgabenausführung, um die Steuerung von vielen, unabhängig funktionierenden Roboterarmen zuzulassen; Interpreterstruktur, um

„Lehren durch Zeigen“ mit fernschreiberähnlicher Steuerung zu ermöglichen; leicht variierbarer Befehlssatz, um die bestmögliche Abstimmung von Software zu gewährleisten.

Signal: zeitlich veränderliche physikalische Größe (*S.träger*), die mindestens eine mit ihr untrennbar verbundene Hilfsgröße (*Informationsparameter*) besitzt, deren Werte eindeutige Rückschlüsse auf die signalisierten Zahlwerte oder Befehle zulassen. Nach dem Wertevorrat des Informationsparameters lassen sich S. in analoge, binäre und digitale einteilen.

Signal, analoges: Signal, dessen Informationsparameter (Amplitude, Frequenz, Nullphasenwinkel) innerhalb eines vereinbarten Wertebereichs beliebige Werte annehmen kann.

Signal, binäres: Signal, dessen Informationsparameter (Amplitude, Frequenz, Nullphasenwinkel) nur Werte innerhalb zweier vereinbarter Wertebereiche annehmen kann. Häufig werden diesen 2 Wertebereichen die logischen Zustände 0 und 1 zugeordnet.

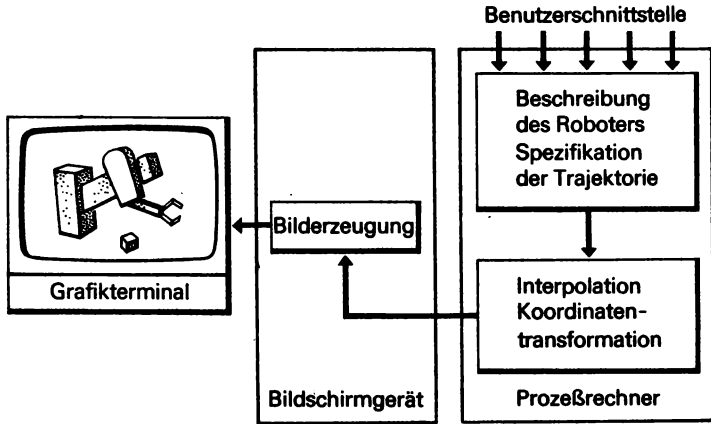
Signal, digitales: Signal, dessen Informationsparameter (Amplitude, Frequenz, Nullphasenwinkel) durch Werte gegeben sind, die durch Kodewörter ausgedrückt werden. Häufig tritt der Fall auf, daß alle Informationsparameter eines d. S. binär sind. In diesem Fall wurde die Kodebasis $k = 2$ gewählt.

Signalprozessor: Baustein in integrierter Technik mit einer bevorzugt auf Signalverarbeitungsprozesse abgestimmten funktionellen und schaltungstechnischen Struktur mit Ein- und Ausgängen für analoge und bzw. oder diskrete (digitale) Signale mit der Möglichkeit einer arithmetischen und logischen Signalverarbeitung. Letztere erfolgt vorzugsweise programmgesteuert, wozu der S. über die erforderlichen Befehlsverarbeitungsstrukturen und über einen entsprechenden (eingeschränkten) Speicherumfang verfügt.

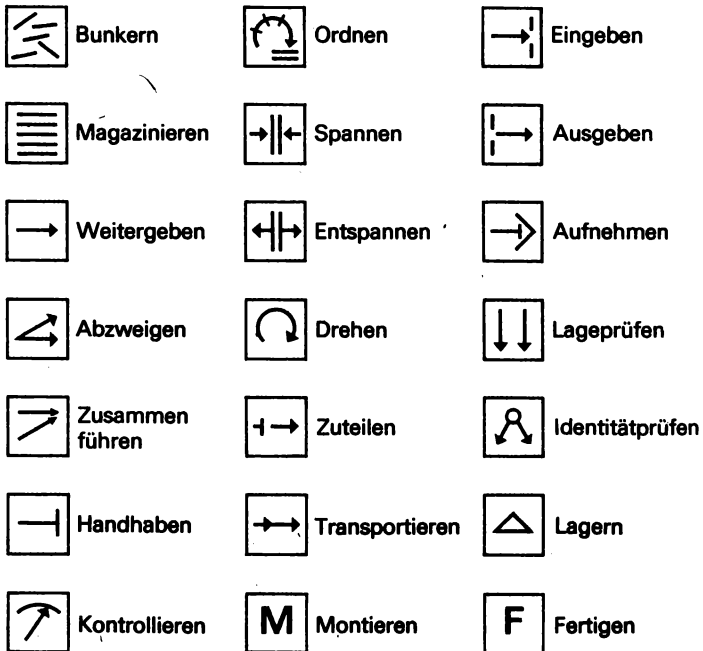
Die Anwendung in der IR-Technik kann prinzipiell vielfältig für Gewinnung, Verarbeitung und Vorverarbeitung von Informationen aus dem IR und dem technologischen Prozeß, insbesondere in dezentraler Anordnung und für Erkennungssysteme, erfolgen. Weiterhin ist der S. auch als Regler, Filter u. a. verwendbar. Die Einsatzmöglichkeiten sind in hohem Maße von den technischen Parametern des betreffenden S. abhängig.

Signalverkehr: Bezeichnung für den Informationsaustausch zwischen einem IR, seiner Peripherie (Maschinen, Ablage- und Transporteinrichtungen) sowie evtl. einer übergeordneten Steuerung (*Steuerungshierarchie*). Der S. ist somit eine maßgebende Voraussetzung für das Zusammenwirken der Bestandteile eines Fertigungssystems, insbesondere der Koordinierung der Abläufe. Er wird prinzipiell über deren Steuerungen abgewickelt. Man unterscheidet zwischen Eingabe- und Ausgabesignalen. Die gerätetechnische Realisierung erfolgt mittels Ein-/Ausgabe-Baugruppen, Steckverbinder und Verbindungsleitungen. Der S. erfolgt vorzugsweise in diskreter Form; die Informationsdarstellung ist bitorientiert ($\nearrow$ Bit) oder wortorientiert (als Binarwort, $\nearrow$ Wort).

Simulationssystem: Einrichtung zur Unterstützung der Programmierung eines IR, wobei das Erstellen und Testen von Handhabeprogrammen ohne



Simulationssystem: Simulation mit Prozeßrechner



Sinnbilder zur Darstellung von Handhabeoperationen

Betreiben des IR ermöglicht wird. Ein Bewegungsablauf kann z. B. mit Hilfe einer Bildschirmdarstellung aufgebaut und korrigiert werden (grafische dreidimensionale Simulation). Erst wenn die gewünschten Eigenschaften, z. B. Konfliktfreiheit, sichergestellt sind, wird das Programm von der IR-Steuerung ausgeführt.

S. erfordern eine große Rechnerkapazität im Vergleich zur eigentlichen Steuerungsaufgabe. Sie sind bevorzugt solchen IR vorbehalten, die off-line in einer höheren Programmiersprache programmiert werden und deren Steuerungen im Rechnerverbund arbeiten. Vgl. Steuerungshierarchie. Abb.

Simultanverfahren: Bezeichnung für das gleichzeitige Verfahren mehrerer Bewegungsachsen eines IR, z. B. in der Betriebsart Automatik.

Sinnbilder für Handhabeoperationen ↗ Handhabeoperation. Abb.

Sinnbilder für kinematische Strukturen: Hilfsmittel zur rationellen Darstellung kinematischer Strukturen von IR (oben). Die S. für die einzelnen Elemente werden in Anlehnung an international vereinbarte Symbole aus der Getriebetechnik verwendet. In verschiedenen Ländern werden auch eigens dazu entworfene benutzt (unten). Abb. S. 320.

Sinnbilder für Logikschaltungen: Hilfsmittel zur grafischen Darstellung (Blockbilddarstellung) von Signalflüssen. Sie bestehen aus einem rechteckigen Kästchen, in dem ein entsprechendes Symbol (1, &, =, = 1) die Art der Grundschaltung kennzeichnet. Abb. S. 321.

SIRF [engl., Abk. für *Sankyo Industrial Robot Formula*]: Programmiersprache für Roboter, entwickelt von *Sankyo Seiki* (Japan).

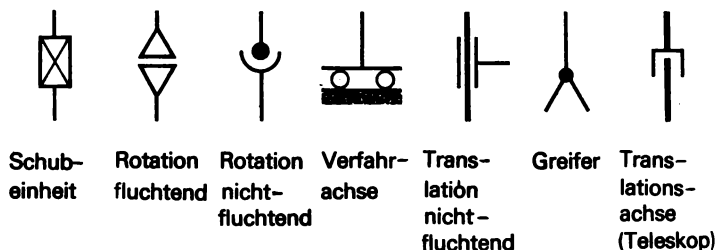
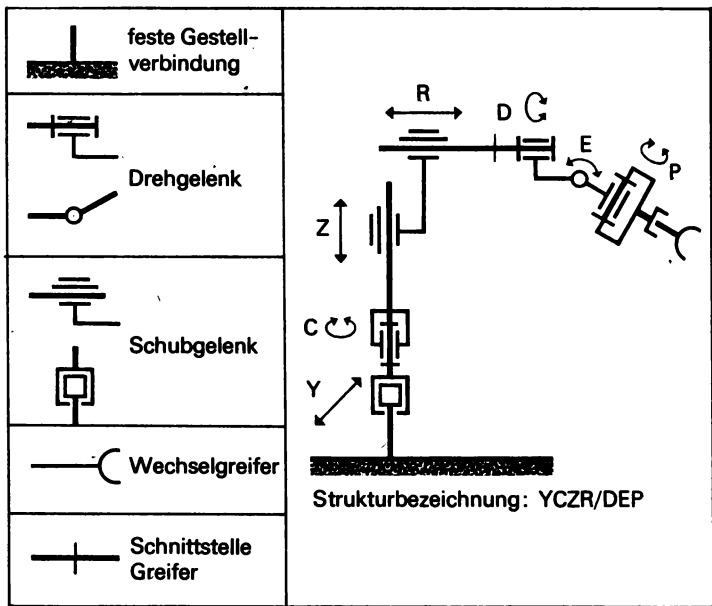
Sklavenarm [engl. *Slavearm*] ↗ Master-Slave-Manipulator.

Slider [engl.] ↗ Inductosyn.

smart sensor [engl.] ↗ Sensor, intelligenter.

SMA-Stellglied [engl., Abk. für *Shape Memory Alloy*]: Legierung mit Form-erinnerungsvermögen. Stellglied, das aus vielen dünnen SMA-Drähten besteht, die in die Fingerglieder einer Roboterhand eingebettet sind und bei Erhitzung mit elektrischem Strom eine Biegung bewirken, weil sich die Legierung an die frühere Form „erinnert“. Es wurden schon Biegungen von 90° je Sekunde erzielt. Bei Anwendung von Meßsystemen an allen Stellgliedern lassen sich durch Variation des Stromwertes beliebige Gelenkwinkel einstellen. Die Nachgiebigkeit der S. und die unabhängige Kontrolle des Gelenks erlaubt es der Roboterhand, sich mit menschenähnlicher Flexibilität und Geschicklichkeit zu bewegen.

Softgreifer: Sonderform eines mechanischen Fingergreifers mit hoher Anpassbarkeit an die Kontur des HHO. Er wurde am Tokyo Institute of Technology von S. *Hirose* entwickelt und stellt eine Abart des *Active Cord Mechanismus* dar. Die mehrgliedrigen Finger umfassen das HHO polygonartig (*Umfassungsgreifer*). Sie werden durch Greif- und Freigabeseile, die über eine Anordnung gestufter Seilrollen laufen, angetrieben. Die nicht sehr hohe Greifkraft verteilt sich konstant über die Fingerlänge. Der Greifvorgang dauert relativ lange. S. können zum Handhaben empfindlicher Objekte, landwirtschaftlicher Produkte u. a. unförmiger Güter verwendet werden. Abb. S. 322.

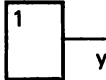
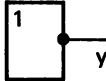
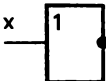
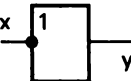
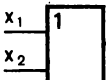
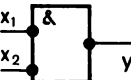
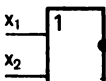
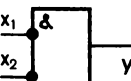
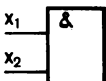
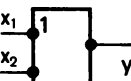
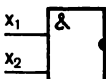
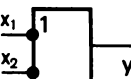
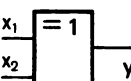


Sinnbilder für die Darstellung kinematischer Strukturen

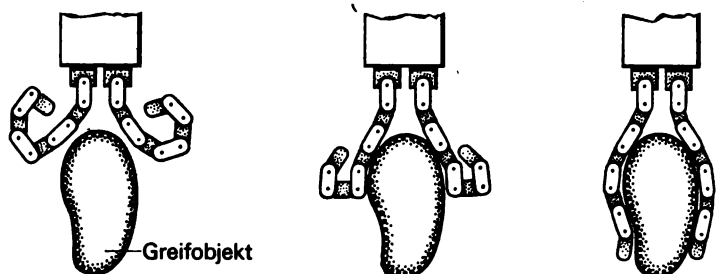
Software [engl.]: Bezeichnung für die Gesamtheit der Systemunterlagen und anwendungsbezogenen Programme in der Rechentechnik. In Verbindung mit speicherprogrammierten Steuerungen wird der Begriff S. auch in der IR-Technik für Programme und Unterlagen verwendet. Ohne S. kann eine Hardware nicht benutzt werden.

Software-Endschalter: programmtechnische Überwachung aller Bewegungsachsen eines IR bezüglich ihres Bewegungsbereichs. Betriebsendschalter können dann entfallen bzw. es sind gegebenenfalls notwendige Sicherheitsgrenztaster am IR vorzusehen.

Sollbruchstelle: in Richtung der Kraftweiterleitung angeordnete konstruk-

1	Einsfunktion Einsgenerator	$y = 1$	
2	Nullfunktion Nullgenerator	$y = 0$	
3	Negator $y = \bar{x}$		$\equiv$ 
4	ODER $y = x_1 \vee x_2$ $y = \overline{\bar{x}_1 \bar{x}_2}$		$\equiv$ 
5	NOR (NICHT – ODER) $y = \overline{x_1 \vee x_2} = \bar{x}_1 \bar{x}_2$		$\equiv$ 
6	UND $y = x_1 x_2 = \overline{\bar{x}_1 \vee \bar{x}_2}$		$\equiv$ 
7	NAND (NICHT – UND) $y = \overline{x_1 x_2} = \bar{x}_1 \vee \bar{x}_2$		$\equiv$ 
8	Äquivalenz $y = \bar{x}_1 \bar{x}_2 \vee x_1 x_2$		
9	Antivalenz (EXCLUSIV – ODER) $y = x_1 \bar{x}_2 \vee \bar{x}_1 x_2$		

Sinnbilder für Logikschaltungen



Greifvorgang beim Softgreifer

tive Stelle mit definiertem Querschnitt und Bruchverhalten zum Zwecke des Überlastungsschutzes. Vgl. Sollbruchstück.

Sollbruchstück: gegossenes oder bearbeitetes Bauteil mit einer Sollbruchstelle, das zwischen Greifer und IR-Arm so angeordnet ist, daß bei einer Havarie bzw. bei Überlastung der Greifer an einer vorbestimmten, leicht reparierbaren Stelle abbrechen kann. Das S. kann ein Scherbolzen, eine Scherplatte aus Stahl oder ein Körper mit Einzelschichten aus Gummi oder Plast in Schichtbauweise mit genau festgelegten Druck- und Schereigenschaften sein. Das S. kann auch mit einem Sensor gekoppelt sein, wobei der Bruch des S. die sofortige Stillsetzung des Systems auslöst.

Sollgeschwindigkeit: Geschwindigkeit-Zeit-Funktion für eine Bewegungseinheit, die von der Bewegungssteuerung als Stellgröße an den Antriebssteller ausgegeben wird. Die S. kann vom Wert her identisch sein mit der programmierten Geschwindigkeit bzw. max. Geschwindigkeit (*Override*). Im allgemeinen wird die Geschwindigkeit-Zeit-Funktion von der Bewegungssteuerung gebildet.

Sollgeschwindigkeit, maximale: Höchstwert der Geschwindigkeit für eine Bewegungseinheit, die von der $\nearrow$ Bewegungssteuerung an den $\nearrow$ Antriebssteller ausgegeben wird. Sie setzt sich zusammen aus der programmierbaren Geschwindigkeit multipliziert mit einem Faktor, der manuell an einem $\nearrow$ Overrideschalter eingestellt worden ist.

Sollwert: zu erreichender Wert einer zu bezeichnenden Größe, z. B. einer Position bzw. Lage (Positions- bzw. Lage-S.), einer Geschwindigkeit (Geschwindigkeits-S.), einer Zeit (Zeit-S.) u. a. S.informationen können in Steuerungen in analoger oder digitaler Form vorliegen sowie entweder durch das Programm vorgegeben sein oder durch die Steuerung selbst bestimmt werden. Bei IR-Steuerungen ist unter S., wenn weitere Angaben fehlen, der Positions-(Lage-)S. zu verstehen. Dessen Maßeinheit ist bei digitaler Form das Weg- bzw. Winkelinkrement (Wegauflösung).

Sonar: technisches und natürliches Schallortungsprinzip, bei dem die Zeit ermittelt wird, die ein ausgesandter Impuls auf dem Weg vom Sender zum reflektierenden Hindernis und wieder zurück benötigt. Aus der Zeitdifferenz kann die Entfernung des Gegenstandes festgestellt werden.

Sonderbauform $\nearrow$ Bauform.

Sortieren: Auslesen von HHO nach Abmessungen, Aussehen und Eigenschaften. Es ist zwar oft Vorstufe für das Ordnen, zählt jedoch nicht zu den Handhabeoperationen.

Spannen: kraftpaariges Sichern von Position und Orientierung von HHO. Es beruht auf dem Prinzip der Reibung zwischen Werkstück und Spannzeug. Vgl. Aufnehmen, Halten.

Spannelement: Element in einer Werkstückspannvorrichtung oder einem Greifer, das der Erzeugung, Übertragung oder Einleitung einer Spannkraft dient.

Spannteilefamilie: Menge von Werkstücken, die durch ihre Beschaffenheit sowohl im unbearbeiteten wie bearbeiteten Zustand von einer Spanneinrichtung aufgenommen werden kann. Die Untersuchung der Spannbarkeit umfaßt die Werkstückart, Oberflächenbeschaffenheit, Anzahl und Lage der Formelemente, Werkstückwerkstoff und -abmessungen. Werkstücke, die innerhalb einer Fertigungszelle mit einem IR gehandhabt werden sollen, müssen die Bedingungen für das Greifen und Spannen erfüllen. Vgl. Greifteilefamilie.

Spannzeughandhabung: Handhabung von Werkstückaufnahme- bzw. -spannvorrichtungen an einer Bearbeitungsmaschine innerhalb von Fertigungszellen durch automatische Handhabeinrichtungen. Dabei kann bei den Werkstückaufnahmen an der Bearbeitungsmaschine entweder die gesamte Aufnahmevorrichtung ausgetauscht werden, z. B. die Spannpalette bei Fräsmaschinen, die Spannfutter bei der Drehbearbeitung, oder es werden nur einzelne Spannstücke der Vorrichtung ausgetauscht.

Spannzone: handhabetechnisch notwendige Flächen an einem HHO, die gebraucht werden, um das HHO in der Werkstückspannvorrichtung durch Spannen halten zu können. S. und die ebenfalls erforderliche *Greifzone* für den Greifer eines IR dürfen sich i. allg. nicht überdecken.

Speicher: 1. ↗ Programmspeicher. – 2. ↗ Informationsspeicher. – 3. ↗ Werkstückspeicher. – 4. ↗ Werkzeugspeicher.

Speicherdichte: Quotient aus der Anzahl von speicherbaren HHO zur Produktionsgrundfläche, die der Speicher überdeckt. Als Maßeinheit ergibt sich Stück je Quadratmeter. Für Vergleiche muß immer von gleichen Werkstücken ausgegangen werden.

Speicherkapazität: 1. Aufnahmevermögen eines Informationsspeichers. Die S. kann in ↗ Bits, ↗ Wörtern und Zeichen angegeben werden. Bei IR-Steuerungen gibt man die S. als Anzahl von Programmschritten (für Punkt- und Bahnsteuerungen mit Sollwerterzeugung durch Interpolation) oder als Anzahl speicherbarer Raumpunkte (↗ Vielpunktsteuerung) an. Bei der Angabe der S. als Programmschrittzahl muß allerdings bekannt sein, welche Befehle und Informationen ein Programmschritt enthält. Bei Vielpunktsteuerungen ist es günstiger, anstelle der S. die max. Programmlaufzeit bei einer typischen Abtastperiode, z. B. 20 ms, anzugeben. – 2. Aufnahmevermögen eines Werkstück- oder Werkzeugspeichers. Die S. wird als Anzahl der HHO angegeben. Vgl. Programmkapazität.

Speichern: 1. Handhabeoperation, die das zeitweilige Aufbewahren von HHO im Bereich von Fertigungseinrichtungen bezeichnet. Es stellt keinen

aktiven, sondern einen passiven Vorgang dar, der auch als Aufbewahren bezeichnet werden kann. Zum S. zählen das Bunkern, Stapeln und Magazinieren. – 2. Aufbewahren von Informationen bzw. Signalen. Wird die Information als Zeichensprache aufbewahrt, so handelt es sich um digitales S.

Spiegelbildprogrammierung: Programmierung, mit der bei achssymmetrischen Teilen oder Bewegungsabläufen beim Bearbeiten, z. B. Lichtbogen-schweißen, mit gleichen Weginformationen mittels Spiegelung um eine Achse entsprechend veränderte Weginformationen erzeugt werden. Die Spiegelung kann über Wahlschalter oder Programm ausgelöst werden.

Spieltheorie: mathematisch-kybernetische Theorie zur Untersuchung des Verhaltens bestimmter materieller Systeme untereinander und gegenüber der Umwelt, um Konfliktsituationen zwischen diesen Systemen zu analysieren.

Spline, Splinefunktion: stückweise aus Polynomen des Grades m zusammengesetzte $(m-2)$ -mal stetig differenzierbare mathematische Funktion.

Spline-Algorithmus: Algorithmus zur Berechnung von Führungsgrößen für die Steuerung der Bewegungen eines bahngesteuerten IR mittels Splines 3. und 5. Grades. Er erfordert die Lösung der 3 Aufgaben Bahninterpolation, inverse ↗ Koordinatentransformation und Spline-Interpolation.

Spline-Interpolation: spezielle ↗ Interpolation, die in der IR-Technik mit dem Ziel angewendet wird, stetige Geschwindigkeits- und Beschleunigungsverläufe in der Nähe der programmierten Bahnpunkte (Stützpunkte) zu erhalten. Im ersten und letzten Interpolationsintervall eines Interpolationsabschnittes erfolgt die Bahndarstellung z. B. durch Splines 5. Grades, dazwischen durch Splines 3. Grades. Mittels der Splines werden die Führungsgrößen für die ↗ Lageregelkreise der Bewegungsachsen berechnet.

Sprache, künstliche: 1. in der Informationstheorie ein vereinbartes System von Zeichen, durch das Informationen von einem System zu einem anderen übertragen werden können, z. B. ↗ Programmiersprachen für Automaten. – 2. im Sinne von Sprachsynthese eine Maschine, die spricht und den menschlichen Spracherzeugungsprozeß künstlich nachbildet. Die Natürlichkeit der Sprechweise von Automaten weicht noch von der eines Menschen ab. Die Verständlichkeit ist jedoch gut. Automatische Spracherkennung ist wesentlich komplizierter und komplexer als automatische Sprachsignalerzeugung.

Sprache, maschinenorientierte: Programmiersprache, in der die maschinenabhängigen Möglichkeiten überwiegen, z. B. eine Maschinensprache oder eine ↗ Assemblersprache.

Sprache, problemorientierte: Programmiersprache, die so gestaltet ist, daß sie die effektive Programmierung einer ganzen Klasse von Verfahren oder Algorithmen erlaubt. Die Formulierung eines Programms in einer p. S. ist unabhängig vom Rechner, auf dem die Verarbeitung realisiert werden soll. Es ist in jedem Fall eine Übersetzung in die Maschinensprache erforderlich.

Spracherkennung: automatische Erkennung natürlicher Sprache bei vorläufig stark begrenztem Vokabular mit Frequenzspektrumanalysatoren zum Zwecke des sprachgesteuerten Führens bzw. der akustischen Programmie-

rung von Robotern. Der S. stehen schwierige analytische Probleme entgegen, wie Worttrennung, Ausspracheabhängigkeiten und Tonfall beim Sprechen. Sie wurde bisher nur im Labormaßstab realisiert. Die Entschlüsselung eines Sprachsignals geschieht in mehreren Schritten.

Sprachsignalsynthese: künstliche, heute hauptsächlich mikroelektronische Erzeugung von Sprachsignalen mit Hilfe technischer Einrichtungen. Die S. ermöglicht eine effektive auditive Kommunikation von Mensch und Maschine. Sie ist einfacher realisierbar als eine automatische Spracherkennung. Vgl. Sprache, künstliche.

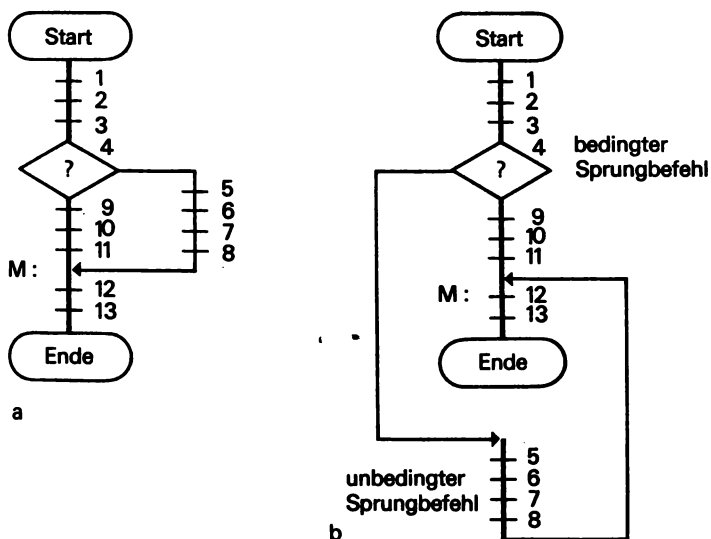
Sprachübersetzer: 1. ↗ Assembler. – 2. ↗ Compiler. – 3. ↗ Interpreter.

Spreizmagnet: wartungsfreier Elektro- oder Permanentmagnet. Seine Wirkung beruht darauf, daß ein Teil des Magnetstreufusses an der Oberfläche gestapelter Blechteile eine magnetische Polarität bewirkt, die für alle gegenüberliegende Blechseiten gleich ist und sie dadurch abgespreizt werden. Vgl. Magnetspreiztechnik.

Spritzlackierroboter: 1. ↗ Farbspritzroboter. – 2. ↗ Linearspritzroboter.

Sprüheinrichtung ↗ Formeinsprühgerät.

Sprungbefehl: Befehl, mit dem Verzweigungen in einem Programmablauf aufgebaut werden können. Durch einen S. wird die Abarbeitung der Befehle eines Programms in der niedergeschriebenen und gespeicherten Reihenfolge unterbrochen, und es wird mit dem Befehl fortgesetzt, dessen ↗ Adresse in dem S. angegeben ist. Die Ausführung eines S. kann von Be-



Sprungbefehl: a logischer Ablauf, b physische Anordnung im Programmspeicher; M: Einsprungmarke

dingungen abhängig sein, die durch Variable ausgedrückt werden, z. B. bedingter S., bedingter Sprung.

In $\nearrow$ NC-Kodes für Handhabeprogramme werden S. als Zusatzfunktionen programmiert, die Sprungadressen, Variablen und Variablenwerte als Hilfsbefehle. Es sind auch vereinfachte Formen bekannt, bei denen ein bedingter Sprung nur zum Anfang eines Zyklus – gekennzeichnet durch einen speziellen Befehl – als sogenannter Rückwärtssprung oder zum Programmende bzw. Unterprogrammende als sogenannter Vorwärtssprung ausgeführt wird. Dabei wird dem Umstand Rechnung getragen, daß sich Handhabezyklen ($\nearrow$ Zyklus) immer in geschachtelter Form oder als aufeinanderfolgende Zyklen darstellen lassen. S. sind bei Handhabeeinrichtungen von grundlegender Bedeutung zur Programmierung von Zyklen. Abb.

Sprungfunktion: Funktion einer IR-Steuerung innerhalb des gleichen Programms als auch zu einem anderen Programm springen zu können. Die S. erlaubt z. B. die gleichzeitige Bedienung mehrerer nichtsynchronisierter Maschinen.

SPS: Abk. für *speicherprogrammierbare Steuerung*.

SRL [engl., Abk. für *structured robot language*]: Roboter-Programmiersprache, die von der Universität Karlsruhe (BRD) entwickelt wurde und deren Systemkonzept auf der kombinierten On- und Off-line-Programmierung beruht. Das Programm läßt sich im wesentlichen off-line erstellen, wobei Bewegungen – ausgehend von markanten Punkten – relativ zu diesen angegeben sind. Die Integration der durch Teach-in erfaßten Werte in das Programm erfolgt über eine sogenannte Frame-Liste, in der die symbolischen Namen der $\nearrow$ Frames und ihre Werte, d. h. Position und Orientierung des Roboters, stehen.

SSI [engl., Abk. für *small scale integration*]: Bezeichnung für niedrig integrierte Schaltkreise, die bis 10^2 Funktionseinheiten oder 10 Gatterfunktionen je Chip aufweisen.

SSS: Abk. für *Schieben/Schieben/Schieben*; Strukturbezeichnung für das Führungsgetriebe oder den Greifer eines IR. Vgl. Grundbauart, Kinematik.

Standardabweichung: mittlere quadratische Abweichung der Einzelwerte einer Reihe von n voneinander unabhängigen Bestimmungen des gleichen Wertes einer Meßgröße von ihrem Mittelwert.

Standardinterface $\nearrow$ Interface.

Ständer $\nearrow$ Gestell.

Ständerbauform $\nearrow$ Bauform.

Ständermanipulator: Manipulator, dessen Gestell als ein auf einer Grundplatte befestigter freistehender Ständer für eine flurgebundene Aufstellung ausgeführt wurde. Vgl. Grundbauart.

Standicherheit: Neigung eines HHO zum Kippen. Die S. läßt sich nach folgender Gleichung berechnen:

$$S = (\sum M_H + \sum M_R) / \sum M_K,$$

wobei M_H = Haltemoment, M_R = Rückstellmoment und M_K = Kippmoment ist. Der Fall $S > 1$ bedeutet Kräftegleichgewicht, stabiler Zustand und

$S < 1$ Kippen. Die S. ist sehr groß, wenn das Kippmoment gegen Null geht.

Stanfordarm: universell nutzbarer, elektrisch angetriebener Kleinroboter mit der Struktur DDS/DDD, einer Tragfähigkeit von 5 kg und einem Positionierfehler von etwa 1 mm. Das Erreichen beliebiger Punkte im Arbeitsraum beansprucht etwa 2 s. Der Längshub der Hand beträgt 800 mm und der größte Arbeitsraumradius 1000 mm. Der S. wurde am Artificial Intelligence Laboratory der Stanford University (USA) von B. Roth entwickelt. Vgl. Scheinmannarm.

Stapel: verpackte, unverpackte oder zu Ladeeinheiten zusammengefaßte Güter, die ohne Lagerungseinrichtung nach einem Verfahren gestapelt werden, das die Stabilität des S. und die Unversehrtheit des Gutes garantiert.

Stapeldorn: Werkstückmagazin für Teile mit ausreichend großer Bohrung, die zum formpaarigen Lagesichern genutzt wird. Der S. kann auch mit einem Hängkreisförderer zum Hänge-S. kombiniert sein.

Stapeldornpalette: Flachpalette, die mit festen oder austauschbaren Dornen zum Aufnehmen von Werkstücken ausgestattet ist. Die S. wird oft in Verbindung mit externen Hubeinrichtungen verwendet, die die abzunehmenden oder aufzunehmenden Werkstücke innerhalb der Stapeldorne so bewegen, daß sich die Abnahme- bzw. Ablagehöhe nicht verändert.

Stapelfähigkeit: Eigenschaft, die das Verhalten von Werkstücken kennzeichnet, sich vor und nach Fertigungseinrichtungen raumsparend stapeln zu lassen. Stapeln ist in Richtung der Werkstücksymmetrieachse und parallel dazu möglich.

Stapelhöhe: max. mögliche Höhe für die Lagerung von Objekten im Lager, gemessen von Oberfläche Fußboden bis Oberkante des gestapelten oder ungestapelten Lagergutes, einschließlich Verpackung und der zur Aufnahme des Gutes verwendeten Hilfsmittel des $\nearrow$ TUL, wie Behälter, Paletten, Regale.

Stapelmagazin: Werkstückspeicher mit trichterförmigem Behälter, in dem sich das Arbeitsgut teilgeordnet und achsparallel befindet. Erst am Auslauf des S. liegen die Werkstücke vollständig geordnet vor. Allerdings können sich hier Stützgewölbe ausbilden (Brückenbildung), die den Nachlauf von Werkstücken verhindern.

Stapeln: Handhabeoperation, die das zeitweilige Speichern von teilgeordneten HHO bezeichnet. Das S. ist typisch für Industriezweige, die hauptsächlich plattenförmiges Arbeitsgut, wie Blechtafeln oder Spanplatten, verwenden. Vgl. Abstapeleinrichtungen, Aufstapeleinrichtung.

Stapelpalette: passiver Werkstückspeicher in Form einer Flachpalette, der übereinander stapelbar ist. Um das Umsetzen der leeren S. auch dem IR übertragen zu können, werden Formstücke, Durchbrüche und auch Greifstangen vorgesehen, wobei die Greifstellenmaße jeweils den Werkstückabmessungen entsprechen müssen.

Stapelroboter: Roboter, der auf die Stapelung oder Entstapelung von zylinder- und quaderförmigen Teilen oder Teilen mit unregelmäßiger äußerer Form eingerichtet wurde. Die Werkstücke werden pyramiden-, ring-, quader- und blockförmig nach vorgegebenem Ablagemuster gesetzt.

Stapelzeiger, Kellerzeiger, Stackpointer [engl.]: Register (Arbeitsspeicher) in einer (IR-) Rechnersteuerung, der eine Adresse im Bereich eines RAM enthält, die die Spitze der bei Programmunterbrechungen ausgelagerten Registerinhalte kennzeichnet.

Stapelzwischenlage: ebene oder geformte Beilage, die schonendes und lagesicheres Übereinanderlegen von Werkstücken z. B. auf Flachpaletten ermöglicht, wie Pappebeilagen, Prismenleisten aus Gummi u. ä. Auch können S. mit Formlöchern u. ä. ausgestattet sein, so daß ein IR in der Lage ist, diese zu handhaben.

Starkstromteil: Baugruppe in einer IR-Steuerung, die vor allem die Starkstromverbindungen vom Netzanschluß zu den Motoren herstellt und solche Einheiten wie Leistungsteil, Antriebssteller, Glättungsdrösseln, Relaisbaugruppe enthält. Zum Abführen der Verlustwärme sind Lüfter und Wärmetauscher erforderlich.

Statusanzeige: Mitteilung des Programm-, Maschinen- oder Steuerungsstatus, z. B. als Bildschirmanzeige, für solche Funktionen wie Satzdaten, Positionswerte u. a. Bei IR-Steuerungen kann die Ziffernanzeige auf der Befehlstafel ($\nearrow$ Teach-in-Tableau) als S. genutzt werden, wenn durch das Betriebssystem ein unzulässiger oder irregulärer Status erkannt wird. Dieser wird zunächst durch Blinken der S.taste signalisiert. Nach Betätigung wird die zugeordnete Statusnummer angezeigt, und der Bediener ist in der Lage zu reagieren.

Steckerfeld: Programmierfeld einer Steuerung als Bestandteil des Bedienfeldes, wobei das Programm durch Steck- bzw. Schlauchverbindungen eingegeben und gespeichert wird (*Programmspeicher*). Konstruktiv unterscheidet man zwischen einem Matrixaufbau (*Kreuzschienenverteiler*), bei dem z. B. die Zeilen die Programmschritte und die Spalten die möglichen Befehle repräsentieren, und einem Zeilenaufbau, bei dem z. B. Programmschritte und Befehle getrennte Buchsenfelder sind. Der Matrixaufbau wird bei elektrischen und elektronischen Steuerungen, der Zeilenaufbau bei pneumatischen Steuerungen bevorzugt.

Vorteile des S. sind die einfache und übersichtliche Programmierung. Nachteilig sind der Platzbedarf und eine Zunahme des Aufwandes mit zunehmender Schrittzahl und zunehmendem Befehlsumfang. Deshalb ist die Anwendbarkeit auf max. 100 Schritte und etwa 100 Befehle bzw. Informationen binärer Wertigkeit beschränkt.

Steifigkeit, Steife: Widerstand eines Systems gegen Verformung durch Belastung. Es gilt: Steife = Belastungsänderung/Verformungsänderung. Die statische, thermische und dynamische S. einer Maschine sind Kenngrößen, die zum Zweck des Vergleichs von Maschinen, Baugruppen und Bauteilen ermittelt werden. Es wird stets vom Quotienten Ursachen- zu Wirkungsänderung ausgegangen. Vgl. Nachgiebigkeit, Nachgiebigkeitsmessung, Prüfgröße.

Stellantrieb: Bezeichnung für einen Antrieb, der zum Stellen von Größen dient, die auf die Umformung, den Transport oder die Ausgabe von Stoffen und bzw. oder Energien wirken, z. B. ein Vorschub-S. für Werkzeugmaschinen.

Elektrische S. verfügen über einen dem Verwendungszweck angepaßten Drehzahlstellbereich und ein entsprechendes dynamisches Verhalten. Sie werden häufig in Verbindung mit numerischer Drehzahlsteuerung betrieben.

Stelleinrichtung ↗ Stellglied.

Stellen: Ändern des Wertes einer Stellgröße zum Eingriff in Energie- oder Stoffströme.

Stellglied, Stelleinrichtung: im Wirkungsweg einer zu steuernden Größe befindliches Element oder eine Funktionseinheit zur Steuerung eines Energie- oder Stoffstroms, z. B. ein Schütz, ein Ventil oder ein ↗ Antriebssteller. Vgl. Stellantrieb.

Stellgröße: Ausgangsgröße der Steuer- oder Regeleinrichtung und Eingangsgröße des Stellers.

Stellmotor ↗ Servomotor.

Step ↗ Schrittautomatik.

Step run ↗ Schrittautomatik.

Stereofernsehen: Schwarzweiß- oder Farb-S. in der Handhabetechnik, um ↗ Synchronmanipulatoren in gefährlicher Umwelt fernzusteuern. Dazu werden 2 Farbfernsehkameras verwendet, die in Augenabstand und -schiefwinkel montiert sind und die beiden Teilbilder für das rechte und linke Auge erfassen. Die Videosignale werden zum Wiedergabemonitor übertragen: Er enthält 2 Farbfernsehbildröhren, die übereinander und um 90° versetzt zueinander angeordnet und mit Polarisationsfilter versehen sind. Beide Teilbilder werden mit einer entsprechenden Polarisationsfolienbrille über einen halbdurchlässigen Spiegel betrachtet. Das S. ist ein wesentlicher Vorteil für das Steuern von ↗ Master-Slave-Manipulatoren, weil der ↗ Operateur in der Lage ist, die räumliche Situation zu erfassen und somit schneller und sicherer hantieren kann.

Stereokamera: Kamera, die es gestattet, 2 getrennte stereoskopische Halbbilder aufzunehmen. Diese lassen sich dann z. B. zum Zweck der Vermessung von Raumpunkten auswerten oder dienen einem Operateur z. B. zum Steuern eines ↗ Synchrontelemanipulators nach einem räumlichen Bild.

Stetigbahnsteuerung ↗ Bahnsteuerung.

Stetigförderer: ortsfester oder ortsveränderlicher Förderer, bei dem sich das Fördergut auf einem festgelegten Förderweg von der Aufgabestelle zur Abgabestelle stetig, mit konstanter oder variabler Geschwindigkeit bewegt.

Steuerbus: Leitungssystem zur Übertragung von Steuersignalen zwischen den ↗ Modulen einer Rechnersteuerung. Der S. überträgt Informationen zur Identifizierung von Übertragungsoperationen und zur steuerungsinternen Synchronisation.

Steuerknüppel: 1. ↗ Handsteuergriff. – 2. ↗ Joystick.

Steuerkurve: Teil eines Kurvengetriebes, der entsprechend einer gegebenen Funktion eine ungleichmäßige Bewegung mit Bewegungsumkehr – mit und ohne Rast – sowie von Schrittbewegungen erzeugt. S. werden häufig zur Erzeugung von Führungsbewegungen bei Einlegeeinrichtungen verwendet.

Steuermanipulator: Bezeichnung für den durch den Menschen bedienten *Master-Arm* bei einem ↗ Master-Slave-Manipulator. Die mit dem S. manu-

ell vorgeführten Bewegungen werden vom *Slave-Arm* direkt und synchron ausgeführt.

Steuern ↗ **Steuerung**.

Steuerprogramm: allgemeine Bezeichnung für ein Programm, das einen Arbeitsablauf eines Gerätes, einer Maschine o. ä. organisiert. Der Begriff S. ist objektbezogen zu verwenden, z. B. ist das S. für einen IR das Handhabeprogramm (↗ Anwendersystem). Das S. einer speicherprogrammierten Steuerung ist ein Programm zur Realisierung bestimmter Funktionen dieser Steuerung (Steuerungsfunktionen): Die Gesamtheit von S.en für eine solche Steuerung wird als S.system, Steuerungssoftware, (Steuerungs-) Softwarepaket oder Betriebssystem bezeichnet. Typische Beispiele für S. einer IR-Steuerung mit Mikrorechner sind:

- Initialisierungsprogramme, Ein-/Ausgabeprogramme, Anzeigeprogramme, Programme zur internen Ablauforganisation, Zeitprogramme;
- Bewegungssteuerprogramme;
- Programme zum Eingeben, Redigieren und Löschen von Handhabeprogrammen;
- Fehlerbehandlungsprogramme;
- Programme für logische und arithmetische Operationen (Vergleichs-, Zähl-, Rechenprogramme);
- Datenverarbeitungsprogramme;
- Programme zur Sprachübersetzung (↗ Compiler, ↗ Assembler, ↗ Interpreter).

Steuerspannung: Spannung, die zum Betrieb elektrischer Steuerstromkreise dient. In elektrischen IR-Steuerungen wird die S. in erster Linie zur Gewährleistung der Funktionen für die Betriebsbereitschaft des IR benutzt. Ausfall oder Ausschalten der S. muß zu Not-Stopp-Funktionen und zum Außerbetriebzustand beim IR führen. Hingegen kann die Stromversorgung für den Logikteil der IR-Steuerung teilweise oder vollständig unabhängig von der S. sein. Die S. muß, mittels Taster, manuell ein- und ausschaltbar sein; sie kann auch selbsttätig ausgeschaltet werden (↗ Überwachung).

An die Gestaltung und Einspeisung von Steuerstromkreisen werden besondere Forderungen hinsichtlich Absicherung, Einsatz von Steuertrafos und Schaltungsanordnung gestellt, um bei elektrischen Fehlern in Steuerstromkreisen Fehlreaktionen und Funktionsverlust auszuschließen.

Steuerspannung-Aus: Zustand, bei dem die Steuerspannung der IR-Steuerung ausgeschaltet ist. Die Steuerspannung kann manuell durch Tasterbetätigung oder selbsttätig, z. B. durch Ansprechen einer Überwachung, ausgeschaltet werden. S. bedeutet in jedem Fall, daß der IR außer Betrieb ist und daß – wie bei *Not-Aus* –, sich der IR in einem gefahrlosen Zustand befindet und die Forderungen des Gesundheits-, Arbeits- und Brandschutzes gewährleistet werden. Im Gegensatz zu *Not-Aus* müssen aber nicht unbedingt die vom IR zu bedienenden Maschinen und peripheren Einrichtungen mit ausgeschaltet werden. Ein solches Erfordernis ist von Fall zu Fall unterschiedlich zu behandeln.

Steuerung, Steuern: Vorgang, der Größen in Systemen auf der Grundlage bestimmter Eingangsinformationen und der dem System innewohnenden

Gesetzmäßigkeiten zielgerichtet beeinflusst. Jede Aufgabe zur S. ist nur auf der Grundlage der Erfordernisse und Eigenheiten der zu steuernden Einrichtungen (*Steuerstrecke*) konkret lösbar. Eine S.aufgabe wird entweder in offener Struktur (*offene Steuerkette, Reihenstruktur*) oder in geschlossener Struktur (*geschlossene Steuerkette, Kreisstruktur*) gelöst. Ein spezieller Fall der letzteren ist die ↗ Regelung. Weiterhin kann man nach der Stellung des Menschen im Wirkungskreis in automatische und manuelle S.en unterteilen. IR-S.en entsprechen in ihren wesentlichen Bestandteilen (↗ Bewegungssteuerung, ↗ Prozeßkommunikation u. a.) den Prinzipien der automatischen S. Manuelle S.en haben für die ↗ Synchronmanipulatoren Bedeutung. Tab.

Wirkungsweg einer Steuerung

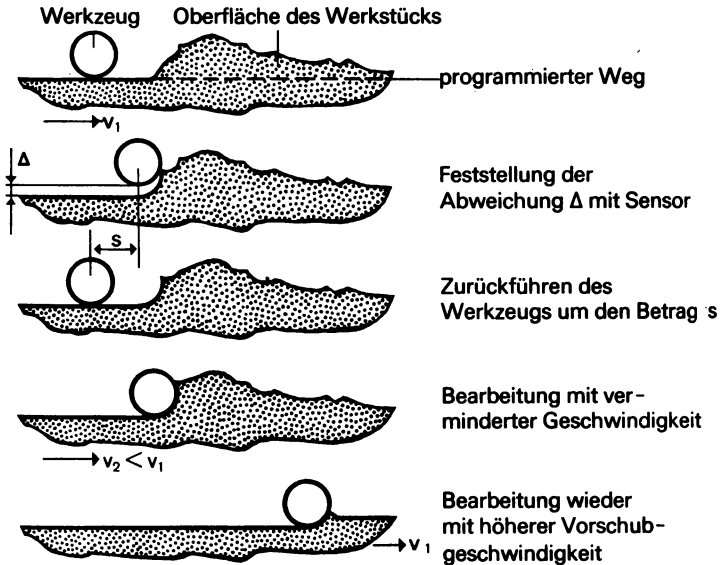


Steuerung, adaptive, *Adaptivsteuerung*, Abk. AC: Steuerung, bei der sich die Steuer- oder Regeleinrichtung zeitlich unvorhersehbaren veränderlichen Betriebsbedingungen im zu steuernden Objekt, hervorgerufen durch Struktur- oder Parameteränderungen oder durch Änderung von Signalwerten, selbsttätig im Sinne der Erfüllung eines vorgegebenen Gütekriteriums anpaßt. In der IR-Technik erhalten a. S.en im Zusammenhang mit dem Einsatz von Erkennungssystemen zunehmende Bedeutung, z. B. für die Anpassung der Steuerungsfunktionen an sich ändernde Umweltbedingungen, Abmessungs- und Formfehlern von zu handhabenden Teilen, bei dem Führen von Werkzeugen, bei technologisch bedingten Unregelmäßigkeiten (z. B. Lichtbogenschweißen oder Schleifen). Abb. S. 332.

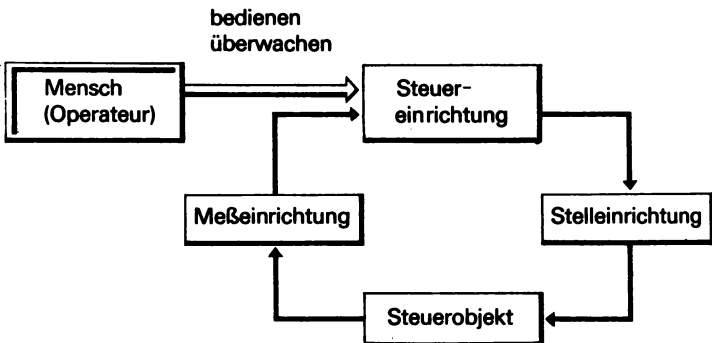
Steuerung, austauschprogrammierbare: Bezeichnung für eine vorzugsweise programmierbare Steuerung, bei der die Änderung der Steuerungsfunktionen einen mechanischen Eingriff in den Programmspeicher erfordert. Ein mechanischer Eingriff ist das Herausnehmen des Programmspeichers und das Austauschen bzw. das Neuprogrammieren von Halbleiterspeicher-Schaltkreisen (↗ EPROM).

Steuerung, automatische: Vorgang des Steuerns ohne unmittelbare Mitwirkung des Menschen, d. h. der Mensch als Operateur befindet sich nicht im Wirkungsweg der Steuerung. Steuerungen für Handhabeeinrichtungen verwirklichen in den Betriebsarten des Automatikbetriebes die a. S.en der Handhabeeinrichtung. Vgl. Steuerung, manuelle. Abb. S. 332.

Steuerung, elektronische: Steuerung, bei der insbesondere der Logikteil auf der Basis elektronischer Bauelemente, vor allem elektronischer Schaltkreise, aufgebaut ist. E. S.en für IR werden heute fast ausschließlich als Mikrorechnersteuerung realisiert. Einfache Punktsteuerungen sind z. T. auch



Steuerung, adaptive: Ablauf beim adaptiven Steuern eines Schleifwerkzeugs

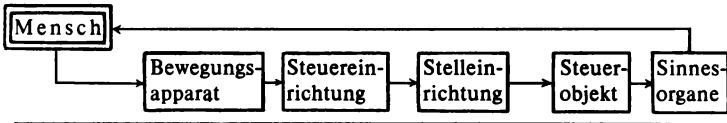


Blockschaltbild einer automatischen Steuerung

als verbindungsprogrammierte Steuerungen verwirklicht. Vgl. Steuerung, pneumatische.

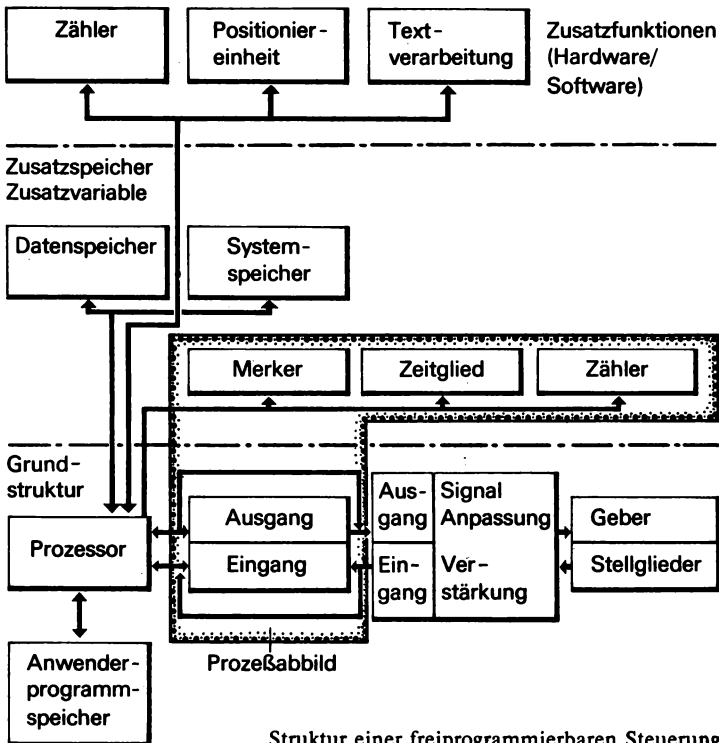
Steuerung, festprogrammierte → Festprogrammsteuerung.

Steuerung, freiprogrammierbare, Abk. FPS: Bezeichnung für eine speicherprogrammierte Steuerung, deren Funktionen durch Programme (*Betriebssystem*) im Rahmen bestimmter, meist durch die → Hardware festgelegter, Be-

Blockschaltbild einer manuellen Steuerung

dingungen bestimmt und verändert werden können, die einen hohen Steuerungskomfort gestatten und bei denen die Informationsverarbeitung durch mindestens einen Rechner erfolgt. Ein Beispiel hierfür ist die ↗ rechnerintegrierte numerische Steuerung (Abk. CNC). Vgl. Steuerung, speicherprogrammierte. Abb.

Steuerung, manuelle: Vorgang, bei dem sich der Mensch unmittelbar im Wirkungsweg der Steuerung befindet. Die Betriebsart „Einrichten“ ist z. B. eine m. S. Spezielle Bedeutung hat der Begriff m. S. für ↗ Synchronmanipulatoren, die grundsätzlich manuell gesteuert werden. Tab.



Struktur einer freiprogrammierbaren Steuerung

Steuerung, optimale: Bezeichnung für eine Bewegungssteuerung, bei der die Bahn des ↗ Effektors durch Optimierungskriterien bestimmt bzw. mitbestimmt wird, wie kürzeste Verfahrzeiten, kürzeste Fahrwege o. ä. Dabei ist es erforderlich, die Randbedingungen hinsichtlich zulässiger Bewegungsräume, Fahrgeschwindigkeiten und -beschleunigungen durch entsprechende Restriktionen zu formulieren. Vgl. Bahnplanung, Robotertrajektorie.

Steuerung, pneumatische: Steuerung auf der Basis pneumatischer Logikelemente, die auch für das Betreiben von punktgesteuerten Handhabeinrichtungen geeignet ist. Sie zeichnet sich durch einfache Bedienung, hohe Zuverlässigkeit, günstiges Preis-Leistungs-Verhältnis und Explosionssicherheit aus. Nachteilig ist die begrenzte Signalübertragungs- und -verarbeitungsgeschwindigkeit sowie eine begrenzte Zahl von Steuerungsfunktionen. 2 Tab.

Technische Daten zu pneumatischen Steuerungen nach dem DRELOBA-System

Merkmal	Programmträger	
	Steckerfeld	8-Spur-Loch-Streifen
Anzahl Antriebe	8	6...8
Antriebe mit Zwischenpositionen	3	3
Anzahl der Zwischenpositionen	8	8
Anzahl der Steuertakte	etwa 40	→ ∞
Anzahl gleichzeitig steuerbarer Antriebe	bis zu 4	1
Anzahl programmierbarer Prozeßrückmeldungen (Verriegelungen)	8	4...8
Anzahl programmierbarer Zeitwerke	6	1...4

Steuerung, programmierbare, speicherprogrammierbare Steuerung, Abk. PC: eine Festprogrammsteuerung oder nichtnumerische Punktsteuerung für IR in speicherprogrammierter Ausführung. Häufig werden p. S.en, die industriell gefertigt werden (↗ Steuerung, universelle), durch Zusatzentwicklung (Programme, Schaltungen, Bedienfeld, Gefäßsystem u. a.) zu einer entsprechenden IR-Steuerung gestaltet. Der Logikteil moderner p. S.en ist ein Mikrorechner. Tab. Abb. S. 336.

Steuerung, speicherprogrammierte: Bezeichnung für eine Steuerung, bei der die innere Informationsverarbeitung (Logikteil) programmtechnisch realisiert wird, d. h. die Steuerungsfunktionen, z. B. Zählen, Verrechnen, Vergleichen u. a. als Programme (↗ Steuerprogramm) in einem Speicher enthalten sind. Die Programmabarbeitung erfolgt mittels elektronischer Schaltungen, deren Bestandteile (Bausteine, Baugruppen, Module) bezüglich der Steuerungsfunktionen problemneutral aufgebaut sind. S. S.en der IR-Technik sind i. allg. Mikrorechnersteuerungen, also PC oder CNC. Tab. S. 337.

Steuerung, umprogrammierbare: Steuerung, bei der Programmänderungen vorgesehen und in einfacher Weise durchführbar sind, z. B. durch Umstek-

Pneumatische Steuerung: Gegenüberstellung der Leistungsfähigkeit von pneumatischer und elektronischer Steuerung

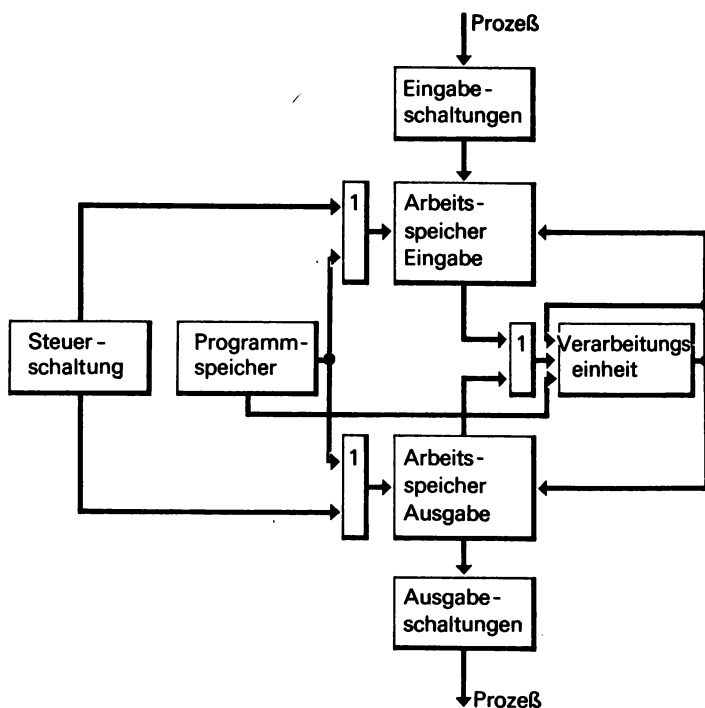
Kriterium	pneumatische Steuerung	elektronische Steuerung
Steuerungsfunktionen je Volumeneinheit	niedrig	sehr hoch
erreichbare Informationsverarbeitungs-frequenz	2 kHz	einige 100 MHz
realisierbare Steuerungsfunktionen	relativ wenig	in sehr großer Zahl möglich
Informationsübertragung	nur kurze Übertragungswege	große Entfernung möglich, minimale Verzögerung
Bedien-, Programmier- und Anzeigekomfort	niedrig	hoch
Störempfindlichkeit	relativ stör-unempfindlich	vorhanden bezüglich Störbeeinflussung, Verschmutzung, Erschütterung
Explosionssicherheit	keine Explosions-gefährdung	Gewährleistung bedeutet zusätzlichen Aufwand
energetischer Wirkungsgrad	gering	hoch
Verschleiß	gering	verschleißfrei
Wartungsaufwand	höher	niedrig
Aufwand für Störungsbeseitigung	gering	hoch
Überschaubarkeit für Anwender	gut	schlechter

ken von Leitungen, Ändern oder Auswechseln von Lochkarten oder Austauschen von ↗ Programmspeichern.

Steuerung, universelle: Bezeichnung für eine industriell gefertigte Steuerung, meist als Baugruppensystem, die für eine bestimmte Klasse von Steuerungsaufgaben einsetzbar ist. Sie wird durch Projektierung und Zusatzentwicklung (vorrangig Programmentwicklung) an den Einsatzfall angepaßt. Für den Einsatz in der Handhabetechnik eignen sich z. Z. vorrangig programmierbare Steuerungen.

Typische Ausbaustufen programmierbarer Steuerungen

Parameter	PC-Steuerungen		
	kleine	mittlere	große
Anzahl Ein-/Ausgänge	16	256	bis 5 000
Geschwindigkeit	10 ms/K	5 ms/K	0,5 ms/K
Speicherumfang (EPROM KByte)	1 K	4 K	bis 64 K
Bitverarbeitung	ja	ja	ja
Wortverarbeitung	nein	ja	ja



Prinzipaufbau einer programmierbaren Steuerung

Steuerung, verbindungsprogrammierte: Bezeichnung für eine Steuerung, bei der die innere Informationsverarbeitung (↗ Logikteil) schaltungstechnisch realisiert wird. Bei der v. S. wird die Steuerungsfunktion durch eine die Funktionen bestimmende Verdrahtung oder Verschlauchung bestimm-

Speicherprogrammierbare Steuerungen für Werkzeugmaschinen und Industrieroboter

Forderung	Bitverarbeitung	logische Funktion	Wortverarbeitung	arithmetische Funktion
Lösungsprinzip	Bitprozessor/diskret	Mikroprozessor/integriert	Wortmikroprozessor	Slicemikroprozessor
Geschwindigkeit	hoch	gering	hoch	höher
Funktionsinhalt	gering	hoch	hoch	hoch
Entwickleraufwand-Software	hoch	minimal	hoch	hoch
Entwickleraufwand-Hardware	minimal	hoch	hoch	maximal
Anwenderaufwand	gering	gering	hoch	gering

ter Bauelemente bzw. Bausteine verwirklicht, z. B. für Zählen, Verrechnen, Vergleichen u. a. In der IR-Technik sind *Festprogrammsteuerungen* und *nicht-numerische Punktsteuerungen*, insbesondere mit einfachen Steuerungsfunktionen geringen Umfangs, meist v. S.en. Tab. S. 338.

Steuerungshierarchie, Hierarchie: Verkettung von Steuerungen derart, daß die Steuerungen für Einrichtungen (Maschinen, IR, Transportsysteme u. a.) aus einem vorgeordneten Rechner on-line mit Steuerdaten versorgt werden und Ergebnisdaten an diesen zurückmelden. Eine S. kann über eine unterschiedliche Anzahl von Ebenen gestaltet werden, z. B. bis zu einem betrieblichen Leitrechner. Die Datenübergabe erfordert dabei jeweils ein inhaltlich definiertes Abstraktionsniveau.

Zu einer S. eingesetzte Steuerungen müssen geräte- und programmtechnisch über entsprechende Anschlußmöglichkeiten (Koppelmodule, Schnittstellenmodule) verfügen, und der Datenaustausch ist i. allg. bestimmten Schnittstellenbedingungen (↗ Interface) unterworfen.

S. werden bevorzugt dort angewendet, wo eine Automatisierung über größere Fertigungsabschnitte, z. B. mit IR, möglich und wirtschaftlich ist.

Steuerungshilfsenergie: Energieart, mit der eine Steuerung, speziell deren Logikteil, betrieben wird. Für die Handhabetechnik kommen pneumatische und elektrische S. in Betracht. Pneumatische S. ist nur für relativ einfache Steuerungen (*Festprogrammsteuerungen, nichtnumerische Punktsteuerungen*) anwendbar.

Sie hat den Vorteil, daß die Probleme der Störbeeinflussung und des Explosionsschutzes nicht existieren und die Steuerungen selbst relativ robust sind. Nachteile der pneumatischen S. sind ein vergleichsweise großes Bauvolumen der Logikelemente, eine begrenzte Informationsverarbeitungsfre-

Kennzeichen verbindungs- und speicherprogrammierter Steuerungen (nach Sander)

	verbindungs- programmierte Steuerung	speicherprogrammierte Steuerung
Steuerfunktionen realisiert durch:	Schaltung (Hardware)	Programm (Software)
schaltungstechni- scher Aufbau der Steuerung	problemorientiert (spezielle Schaltungen)	problemneutral (modular)
Lösung einer speziellen Steuer- aufgabe durch:	Entwicklung und Bereitstellung einer problem- spezifischen Steuerung	Entwicklung, Test und Ein- gabe problemspezifischer Programme in den Pro- grammspeicher der Steue- rung, gegebenenfalls Hard- warekonfiguration durch Pro- jektierung
Leistungsfähigkeit, wesentlich bestimmt durch:	schaltungstech- nischen Aufwand, Leistungsfähig- keit der Bau- elemente und Bausteine	Verarbeitungsgeschwindigkeit (Einhaltung von Echtzeit- forderungen), Speicher- kapazität
Entwicklungs-, Programmier- und Testhilfen	Bauelementeunter- lagen, Standard- schaltungen, spezielle Test- geräte u. a.	Befehlsliste, Entwicklungs- system oder Wirtsrechner, Systemprogramme, Pro- grammiergeräte

quenz (max. etwa 2 kHz) und die Kompressibilität der Luft. Vgl. Steuerung, pneumatische.

steuerungsnahe Informationskodierung: 1. Bezeichnung für die Darstellung und Speicherung von Handhabeprogrammen in einem Maschinenkode. Als Programmspeicher dienen z. B. Steckerfeld, Programmkarte, Halbleiterspeicher und in Ausnahmefällen auch das Lochband. – 2. Programmierverfahren, bei dem die Speicherung (Anfertigung des Programmträgers) extern erfolgt und das Handhabeprogramm im Maschinenkode dargestellt wird. Stibitzkode → Dreixzeßkode.

Stick-Slip-Effekt: Ruckgleiten, das bei kleinen Gleitgeschwindigkeiten bei Führungen im Bereich der Mischreibung auftritt und auf die negative Steigung der *Stribeck-Kurve* im Mischreibungsgebiet zurückzuführen ist. Der

periodische Wechsel zwischen Gleiten und Haften führt z. B. beim Fügen mit IR zu störenden ruckartigen Bewegungen.

Stiftmatrix: teilweise benutzte Bezeichnung für einen taktilen Sensor, der für die Signalgewinnung eine Anzahl matrixförmig angeordneter Taststifte besitzt, mittels derer die Kontur vorzugsweise flache Werkstücke ertastbar ist. Dem vergleichsweise einfachen Aufbau steht als Nachteil das gegenüber visueller Bilderfassung kleinere Auflösungsvermögen entgegen. Vgl. Sensor, taktiler.

Stoffpaarung, Stoffschiuß: Sicherung der gegenseitigen Lage von Elementen durch innige Berührung über ein elastisches oder festes Zwischenelement. Häufig werden bereits Paarungen mit dem Zwischenelement „Klebstoff“, wobei adhäsive Kräfte wirksam werden, als S. bezeichnet.

Stoppbefehl ↗ **Haltebefehl.**

Störbeeinflussung: Entstehen von Störsignalen in einem elektrischen Stromkreis durch nicht beabsichtigte Einkopplung von elektrischen Größen aus anderen Stromkreisen. Die Einkopplung kann induktiv, kapazitiv, galvanisch oder gemischt erfolgen. Besonders kritisch ist die S. von *Logikkreisen* durch elektrische Größen, die aus Schaltvorgängen aus *Leistungskreisen* herrühren. Störsignale können die Ursache für Falschreaktionen der Steuerung sein. Die Vermeidung von S.en, insbesondere deren schädliche Wirkung, erfordert bei elektronischen IR-Steuerungen auch vom Betreiber die gewissenhafte Einhaltung von Maßnahmen, die i. allg. vom Steuerungshersteller vorgeschrieben werden, z. B. Schirmung, Potentialausgleich, Störschutzbeschaltungen. Gleiches gilt für elektronische Ausrüstungen am IR, wie Wegmeßsysteme, Erkennungssysteme, Antriebssteller, Leitungsführungen.

Stördaterfassung: Sammeln technischer Daten über Ausfälle von IR nach einem festgelegten Modus. Die S. kann zur Beurteilung der Funktionsfähigkeit und zur Verbesserung eines Roboters herangezogen werden. Je Roboter wird eine Arbeitskarte geführt, auf der alle wesentlichen Baugruppen aufgeführt sind und die Stördaten, Fehler, Fehlerquelle, -ursache und Angaben zur Beseitigung von Fehlern enthält.

Störgröße: jede Einflußgröße, die in ungewollter und meist unvorhersehbarer Weise die Ausgangsgröße eines Prozesses (vorgegebene Regelgröße) zu ändern versucht, z. B. Belastungsschwankungen.

Störimpuls: Störung der Funktion informationstechnischer Systeme, z. B. der Steuerleitungen der Wegmeßsysteme eines IR, durch unzulässige äußere physikalische Größen. S. können von elektrischen Feldern stammen, die z. B. an Magnetventilen oder relaisbestückten Steuerelementen der IR-Peripherie auftreten. Die Folge von S.en können z. B. unkontrollierte Bewegungen des IR sein, die zu Beschädigungen von Bauteilen oder peripheren Einrichtungen führen können. Gegenmaßnahmen bestehen im Abschirmen des Systems gegenüber äußeren Störungen, in der Wahl einer geeigneten inneren Systemstruktur zum Herabsetzen der Auswirkung von Störungen, z. B. durch eine Schutzbeschaltung empfindlicher elektronischer Bauelemente mit Dioden oder durch Wahl einer möglichst störunanfälligen Informationsübertragungsart. Vgl. Störbeeinflussung.

Störungsspeicher, Puffer: Werkstückspeicher innerhalb einer Fertigungsline mit lose verketteten Maschinen. Um bei Ausfall einer Maschine nicht die gesamte Linie anhalten zu müssen, wird eine Einspeisung von Werkstücken vorübergehend aus dem S. vorgenommen.

Stoßdämpfer ↗ Dämpfer.

Strahlungssensor: Sammelbegriff für Sensoren, deren Ankopplung an den Prozeß bzw. an Prozeßelemente über Formen elektromagnetischer oder ionisierender Strahlung erfolgt. Hierzu gehören Sensoren für Infrarotstrahlung, Strahlung des sichtbaren Bereichs, Ultraviolettstrahlung, Röntgenstrahlung und alle Formen von Kernstrahlung, wie α -, β -, γ -Strahlung.

Strichkode: Kombinationen von dunklen Strichen (Balken) und Abständen definierter Breite, die die Information kodieren, welche mittels elektronischer Abtastgeräte, z. B. Scanner, wieder lesbar gemacht wird. Der EAN-Kode (Abk. für Europäische Artikelnummerierung) hat 4 Balkenbreiten. S. lassen sich zur Kodierung von transportablen Werkstückspeichern bzw. Werkstücken verwenden.

STRIPS [engl., Abk. für Stanford Research Institute Problem Solver]: ein vom Stanford Forschungsinstitut (USA) entwickeltes und an menschliche Denkgewohnheiten angelehntes Programmsystem zur Steuerung eines Roboters durch Nutzung des Instrumentariums, das für das automatische Beweisen von Theoremen entwickelt wurde. Das Umweltmodell wird durch eine bestimmte Menge von Axiomatik (*Lehre grundlegender Leitsätze*) – von Formeln des Prädikatenkalküls 1. Stufe – vorgegeben.

Die besondere Schwierigkeit bei der Erarbeitung allgemeiner Steuerungsmethoden für Roboter besteht in dem Problem, die Durchmusterung aller möglichen Wege zur Zielerreichung zu reduzieren. Bei Ausnutzung des Apparates des automatischen Theorembeweisens ist die Anzahl der Ausgangsaxiome sehr groß. Dies erhöht die Anzahl auszuwählender Varianten erheblich.

Stromversorgung: Bezeichnung für die Bereitstellung der Elektroenergie (Antriebsenergie und Steuerungshilfsenergie) z. B. Für eine IR-Ausrüstung.

Stromversorgungsteil: Gesamtheit von Steuerungsteilen und Baugruppen, die zur Bereitstellung der Elektroenergie für die verschiedenen Funktionseinheiten der Steuerung sowie für die elektrotechnische Ausrüstung des IR dienen. Die Stromversorgungsbaugruppen (Netzteile) werden nach Spannungsform (Gleich- bzw. Wechselspannung, Frequenz), Nennspannungen, Nennleistungen und Spannungsqualität eingeteilt. Für ↗ Stellglieder und ↗ Antriebssteller genügen i. allg. sogenannte Rohstromversorgungen, d. h. mit geringen Ansprüchen an die Spannungstoleranzen und die Spannungs-Zeit-Funktion. Für die Versorgung des Logikteils müssen i. allg. stabilisierte Gleichspannungen mit konstanter Spannungs-Zeit-Funktion (hohe Glättung) verfügbar sein. Da die Funktion der Steuerung von einer ordnungsgemäßen Stromversorgung abhängig ist, müssen die Einhaltung der Spannungsqualität und der zulässigen Belastungen überwacht werden (↗ Überwachung). Eine vom Versorgungsnetz unabhängige Stromversorgung, die für Halbleiterspeicher zum Zweck des Informationserhalts bei

ausgeschalteter Steuerung erforderlich ist, wird durch nachladbare Batterien gewährleistet.

Struktur: Menge der Elemente eines Systems und der sie miteinander verbindenden Kopplungen. Im Zusammenhang mit IR werden vor allem die stofflichen (*kinematischen S.en*) und informationellen Kopplungen (*Steuerungshierarchie*) herausgestellt.

Strukturfreiheitsgrad ↗ **Getriebefreiheitsgrad.**

Stückgut: einzelne Objekte mit allseitig begrenzten Abmessungen, z. B. Flachteile, Blöcke, Wirtteile, Stangen. Das S. kann formbestimmt, im Ausnahmefall auch formunbestimmt sein. Vgl. Fließgut.

Stückprozeß, Stückgutprozeß: diskontinuierlicher Produktionsprozeß zur Gestaltänderung, zum Fügen, Verteilen und Prüfen von Stückgut. Er ist dadurch gekennzeichnet, daß sich der Gesamtprozeß aus einer Vielzahl von Elementarprozessen zusammensetzt, die durch eine Ablauforganisation miteinander verkoppelt sind.

Suchlauf ↗ **Satzsuchlauf.**

Suchprogramm: Bezeichnung für ein Programm zum sensorgeführten Auffinden von HHO oder Montagepositionen durch das Arbeitsorgan eines IR. Es werden nur die Hauptbewegungen und Grobpositionen im Handhabeprogramm programmiert. Der IR fährt diese mit grober Genauigkeit an. Die Feinpositionierung erfolgt dann intern durch Auswertung von Sensorinformationen. Vgl. Sensor.

Suchstrategie: Vorgehensweise, um ungenau positionierte HHO mit dem Greifer eines IR zu ergreifen oder im Falle von Fügeoperationen solche mit einem Montagebauteil zu paaren. Die S. besteht darin, daß bei Abweichung der programmierten von der realen Position des Objektes das Programm nicht abgebrochen wird, sondern gezieltes Suchen, z. B. durch spiralförmige, kreisförmige oder mäanderrförmige Bewegungen um eine vermutete Position oder deren Nähe einsetzt, mit dem Ziel, das Objekt doch noch zu finden.

Synchronfahrgenauigkeit, Synchronisationsgenauigkeit: größte dreidimensionale Abstandsänderung des Arbeitsorgans eines IR zu einem sich bewegendem Werkstück. Die Belastung des IR und die Bandgeschwindigkeit eines Stetigförderers – z. B. beim Farbspritzen an bewegtem Fördersystem – werden bei der Ermittlung der Prüfgröße S. variiert.

Synchronisation, Conveyor-Synchronisation: Herstellen eines Gleichlaufs z. B. zwischen der Bewegung eines sich auf einem Stetigförderer befindlichen Werkstück und der Greifbewegung eines IR, um das HHO aus der Bewegung aufnehmen zu können. Die Geschwindigkeit des Förderers wird dabei mit einem Tachometer überwacht. Vgl. Nachführsteuerung, Nachführrahmen.

Synchronisationssignal: Signal, das der Synchronisierung der Bewegungen eines IR mit peripheren Einrichtungen dient (*Signalverkehr*). Es wird zwischen diskontinuierlichen S.en, die als Verriegelungen wirken, und kontinuierlichen S.en, die kontinuierlich die Bewegungen eines IR mit der Bewegung z. B. eines Förderbandes synchronisieren (*Tracking*), unterschieden. Das S. kommt in diesem Fall aus einem Tachogenerator.

Technische Charakteristik handelsüblicher Synchronmanipulatoren (Auswahl)

Typen- bezeichnung	Herstellerland	Getriebefrei- heitsgrad	Antriebsart
M 40.48.01	UdSSR	3	pneumatisch
M 160.48.01	UdSSR	3	elektrisch
MBR 63	Bulgarien	3	pneumatisch
MBR 250	Bulgarien	3	pneumatisch
RMS-20	ČSSR	3	elektrisch
Muscle 1	USA	3	elektrisch
Muscle 2	USA	3	elektrisch
IRM-100	Japan	4	elektrisch
SL-750	Japan	4	elektrisch
A-203	BRD	4	hydraulisch

Synchronisierung ↗ Nullung.

Synchronmanipulator, Parallelmanipulator, kopierender Manipulator: Manipulator, dessen Bewegungen in seinen sämtlichen Bewegungsachsen von einem Operateur mit seinen Armen, Händen und evtl. auch Füßen indirekt gesteuert werden. Als Maß für die auszuführenden Bewegungen dienen die sich aus den manuellen Bewegungen ergebenden Steuerwege und Steuerwinkel. Die Umsetzung der Steuerbewegung in die Manipulatorbewegung kann mechanisch, elektrohydraulisch oder elektrisch erfolgen. Manipulator (*Sklavenarm*) und Steuerarm (*Meisterarm*) haben im Hinblick auf eine einfache steuerungstechnische Kopplung i. allg. die gleiche kinematische Struktur. Vgl. Lastarmmanipulator, Master-Slave-Manipulator. Tab.

Synchronprogramm: Programm, das die Anpassung der Positionsabfrage- und Positionswiedergabefrequenz an die Geschwindigkeit eines Förderbandes bewirkt. Dazu wird das Synchronisationssignal aus einem ↗ Tachogenerator entnommen, der mechanisch mit dem Förderband gekoppelt ist. Die Tachogeneratorspannung steuert die Positionswiedergabefrequenz.

Synchronteleanipulator, Abk. Syntelman: Synchronmanipulator, bei dem der Manipulator entfernt vom Bedienteil aufgestellt ist und der Operateur nach direkter Einsicht der Szene oder über Fernsehkamera und Bildschirmbeobachtung die Bewegungen vorgibt. Bei langen Übertragungsstrecken werden die Steuerbefehle zeitverzögert ausgeführt. Als S. wurde auch ein von Prof. Kleinwächter entwickelter „Maschinenmensch“ bezeichnet. S. sind vor allem für Wartungs- und Havariearbeiten in kerntechnischen Anlagen gedacht. Vgl. Master-Slave-Manipulator, Synchronmanipulator.

Syntax: Regeln zur Bildung erlaubter Konstruktionen, z. B. Symbolketten, in einer Sprache, ohne Rücksicht auf ihre Bedeutung. Vgl. Programmiersprache.

Syntelman [engl.]: Abk. für *Synchronteleanipulator*.

Tragfähig- keit in N	max. Ver- schieberadius in m	Weg der Hand in m		max. Dreh- winkel in Grad
		vertikal	horizontal	
400	3,2	1,7	2,5	360
1600	3,3	1,65	2,6	360
630	1,8	1,5	1,2	360
2500	1,2	1,0	0,8	360
200	2,3	2,3	1,7	360
750	3,0	1,7	—	360
1000	2,0	1,1	1,1	360
1000	2,5	3,1	2,8	270
7500	4,0	2,5	3,0	360
4000	2,5	2,2	2,2	360

System: Menge von Gliedern, die selbst S.charakter tragen können und durch Kopplungen miteinander verbunden sind. Durch Abgrenzungen treten Ein- und Ausgangsgrößen von bzw. zur Umwelt auf.

systematische Abweichung: Mittelwert aller Abweichungen der Istpositionen eines IR, der sich beim Anfahren einer programmierten Sollposition auf einer Bewegungsachse mit unterschiedlichem Richtungssinn ergibt.

Systembus: Gesamtheit von Daten-, Adreß- und Steuerbus in einem Mikroprozessorsystem.

Systempalette: Palette, die in ihren Abmaßen und den übrigen Kopplungsbedingungen auf ein bestimmtes Werkstückflußsystem zugeschnitten ist und gewöhnlich den Bearbeitungsstellen automatisch zu- und abgeführt wird. Die S. muß deshalb präzise hergestellt sein und hat oft den Charakter einer Vorrichtung. Vgl. Werkstückträger.

Systemschnittstelle, Teilsystemschnittstelle: Schnittstelle (↗ Interface), über die eine freiprogrammierbare IR-Steuerung mit einer übergeordneten Zentralsteuerung verbunden ist. Dabei sollen größere Datenmengen, z. B. zur Umprogrammierung des IR, zur Information über den Arbeitsfortschritt, zu steuerungsinternen Zuständen für Diagnosezwecke ausgetauscht werden, wenn die IR-Steuerung Teil einer komplexeren Anlage ist.

Systemtheorie: Theorie der Beziehungen zwischen den Elementen eines Systems, der Relation zwischen Struktur und Funktion von Systemen, der Beziehungen zwischen Teil- und Gesamtsystem u. a. Oft steht besonders die Analyse von Systemen und Teilsystemen nach informationellen Zusammenhängen im Vordergrund, wobei Kopplungsarten, Stabilität und Instabilität sowie Beziehungen und Gesetzmäßigkeiten zwischen Systemen und Umgebung erforscht werden.

Szene: vorwiegend im Zusammenhang mit visuellen Erkennungssystemen und Handhabeoperationen (*Vereinzeln*) benutzter Begriff für eine im Blick-

feld der Kamera liegende ungeordnete Menge realer Objekte, von denen eines als Nutzobjekt erkannt und durch die Handhabeeinrichtung entnommen werden soll.

Szenenanalyse: maschinelle Interpretation des von einer Szene aufgenommenen zwei- oder dreidimensionalen Bildmusters. Sie hat das Ziel, die Identität vereinbarter Nutzobjekte festzustellen und deren Lage innerhalb der Szene zu bestimmen. Für die Gewinnung der Bildmuster sind spezielle Beleuchtungsverfahren (*Auflicht-, Durchlichtverfahren*) erforderlich. Ihre Auswertung erfordert großen rechentechnischen Aufwand und befindet sich gegenwärtig noch im Sekundenbereich, ist also zeitintensiv.

Verfahren zur Analyse dreidimensionaler Szenen sind auch in der Meerestechnik und in der Raumfahrt von Bedeutung.

Szenentabelle: Liste, in der alle Merkmale zur Charakterisierung von Regionen einer Szene enthalten sind, wie Fläche und Länge jeder Kontur, Koordinaten des Flächenschwerpunktes, Komponentenummer.

T

Tableau, Bedientafel, Bedieneinheit: Zusammenfassung der für Bedienung, Programmierung, Anzeige u. a. erforderlichen Elemente auf einer tragbaren Konstruktionseinheit, die über ein Kabel an die IR-Steuerung angeschlossen wird. Vgl. Teach-in-Tableau.

Tableau, intelligentes: Bezeichnung für das Tableau eines IR, wenn in diesem ein Mikrorechner enthalten ist, wobei mit dessen Betriebssystem die Funktionen der einzelnen Tasten, Anzeigeelemente u. a. festgelegt werden. Es kann u. a. auch die Möglichkeit vorgesehen werden, daß für ausgewählte Tasten die Funktionen durch den Anwender selbst festgelegt werden. Man bezeichnet diese als programmierbare Tasten oder programmierbare Tastatur.

Tachogenerator: Meßgerät zur Drehzahlmessung und davon direkt ableitbarer Größen, wie Istgeschwindigkeiten von Bewegungsachsen eines IR. T.en bestehen aus Stator und Rotor. Der Stator liefert das Erregerfeld (permanent erregt), die drehzahlproportionale Gleichspannung wird vom Rotor abgenommen. T.en liefern die Istgeschwindigkeit für Geschwindigkeits-(Drehzahl-)Regelkreise von IR-Bewegungseinheiten. Bei ↗ Gleichstromstellmotoren befindet sich die Rotorwicklung häufig mit auf der Motorwelle (Aufsteck-T.).

TAIR [russ., Abk. für *transportnyi avtonomnyi integral'nyi robot*]: ein unter Leitung des Herzchirurgen N. Amosow am Ukrainischen Akademieinstitut für Kybernetik in Kiew entwickelter ↗ Integralroboter. Dieses Roboterfahrzeug ist mit verschiedenen Sensoren, Funkwellenempfangsgerät, Entfernungsmesser und Fernsehkamera ausgerüstet und steht über Funk mit einem Rechner in Verbindung. T. kann sich im Gelände einem Ziel nä-

hern und dabei unter Berücksichtigung von Umweltbedingungen den optimalen Weg einschlagen.

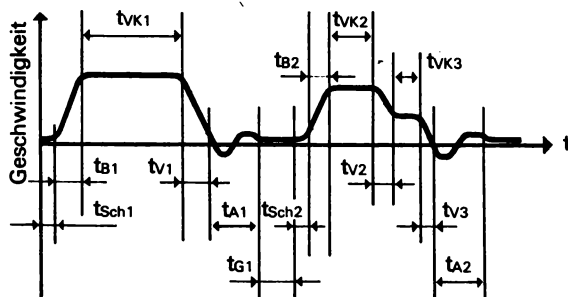
Taktgeber: Vorrichtung zur Erzeugung von Taktimpulsen, die Grundlage für alle zeitabhängigen Vorgänge in Regel- und Steuersystemen sind und deren Erzeugung, Übertragung und Verknüpfung die Elementarvorgänge dieser Systeme sind.

Taktilensibilität [lat.]: die dem Tastsinn des Menschen nachgebildete Fähigkeit bestimmter Elemente technischer Hilfsmittel, mechanische Berührungen mit Objekten wahrzunehmen und zu interpretieren. Über die T. des Greifers eines IR lassen sich z. B. Position und Orientierung eines Objekts, Formen oder Reaktionskräfte bzw. -momente bestimmen.

Taktpeicher: aktiver Werkstückspeicher, dessen Speicherinhalt taktweise bewegt wird. Der Zeittakt wird in der Regel vom IR oder einer übergeordneten Steuerung vorgegeben.

Taktstraße: Maschinenfließreihe zur automatischen Fertigung, bei der eine Weitergabereinrichtung die aus Baueinheiten aufgebauten Bearbeitungsstationen in vorgegebener Reihenfolge fest verkettet. Der technologische Ablauf ist so in Bearbeitungsschritte aufgelöst, daß an jeder Station möglichst gleiche Bearbeitungsdauern anfallen. Erst wenn an allen Stationen die vorgesehenen Operationen ausgeführt sind, rücken alle Werkstücke in einem Weitergabezyklus um den *gleichen Betrag* zum nächsten Platz. Zum Beschicken z. B. der ersten Maschine einer T. können IR eingesetzt sein.

Taktzeit: Dauer, die erforderlich ist, um alle Einzelschritte auszuführen, die zum Bewegungszyklus einer nichtflexiblen Handhabeinrichtung gehören. Bei flexiblen IR beeinflussen die Einzelschritte, deren Aufeinanderfolge sowie das Geschwindigkeits- und Ausschwingverhalten die T. wesentlich, weshalb dann besser von Beschickungs-, Operations- oder Zykluszeit gesprochen werden sollte. Abb.



$$t_T = \sum_{i=1}^n (t_{Sch_i} + t_{B_i} + t_{V_i} + t_{G_i} + t_{V_{K_i}})$$

t_T Taktzeit, t_{Sch} Schaltzeit, t_B Beschleunigungszeit, t_V Verzögerungszeit, t_A Ausschwingzeit, t_G Bearbeitungs- bzw. Greifzeit, t_{VK} Zeit konstanter Geschwindigkeit, n Anzahl Schritte eines Arbeitszyklus

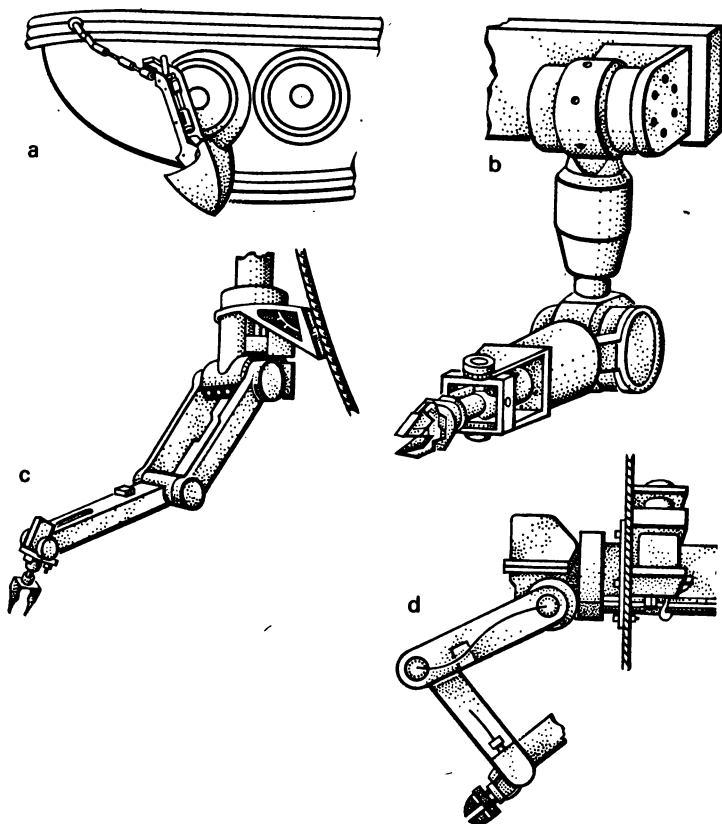
Geschwindigkeitsprofil über eine Taktzeit

Tandemgreifer ↗ **Doppelgreifer**.

Tastsensor ↗ **Sensor**, taktile.

Tastsinn: Fähigkeit zur Wahrnehmung von Berührungs-, Druck- und Vibrationsempfindungen, die Lebewesen durch Mechanorezeptoren vermittelt wird. Vgl. Taktilensensibilität.

Tauchbootmanipulator: Außenbordvorrichtung an Tauchbooten, die dazu dient, unter Wasser Handhabeoperationen durchzuführen. Die Hand des T. kann als Lasthaken, Klauen- oder Zangengreifer ausgebildet sein bzw. Kabelschneider, Bohraggregat, Bolzenschußgeräte oder komplexe Werkzeugsysteme tragen. Dazu werden mitunter Außenbordwerkzeugmagazine vorgesehen. Für komplizierte Unterwasserarbeiten sind oft 2 Manipulatoren



Tauchbootmanipulatoren: *a* Starrarmmanipulator, *b* Manipulator vom Typ SYNTELMAN, *c* Manipulator des Tauchboots TRIESTE, *d* elektrischer Manipulator von GENERAL MILLS

nötig. Die Art der Steuerung reicht vom einfachen direkten Ferngreifer bis zum Synchronstelemanipulator. Für Steuersysteme, bei denen die Bewegungen im Maßstab 1:1 vorgeführt werden müssen, ist im Innern der Tauchboote meist kein Platz vorhanden. Die Betätigung von Schaltern, wie bei der indirekten Teach-in-Programmierung, ist ungünstig, da die unlogische Verknüpfung zwischen Schaltern und den verschiedenen Bewegungsebenen des T. einen komplizierten Lernprozeß und hohe Konzentration erfordern. Kombinierte Pistolengriffregler schaffen dagegen schon eher synchrone Beziehungen zwischen den Gelenkbewegungen des T. Ideal wäre ein die Handbewegungen automatisch kopierendes System. Das erste Tauchboot mit einem sehr einfachen Starrarm-T. war die *SP 300* von J.-Y. Cousteau (Abb. a). Dieser T. (1959) bestand aus einem starren Arm, der nur in der „Schulter“ zu schwingen vermochte. Als „Hand“ wurde ein sogenannter Venusmuschelschalengreifer (Muschelgreifer), der sich öffnen und schließen ließ, installiert. Er hatte 2 Bewegungsachsen. Der erste T. mit 6 Bewegungsachsen war der GM-Manipulator Modell 150, ein abgewandelter Heißzellenmanipulator für kerntechnische Anlagen. Er besaß eine Reichweite von 0,75 m, eine Tragfähigkeit von 225 N und wurde 1961 vom US-amerikanischen Konzern General Mills für das Tauchboot *Trieste* entwickelt. Eine verbesserte Ausführung wurde 1963 erstmals erfolgreich eingesetzt, um aus rund 2 500 m Tiefe ein Rohrstück des verunglückten kernkraftgetriebenen U-Bootes „Thresher“ zu bergen. Abb. Tab.

Manipulatoren an Unterwasserfahrzeugen

Tauchboot, -apparat	Antriebsart Manipulator, Anzahl der Manipulato- ren	Frei- heits- grad	Steuersysteme	Nutzungsdaten
ALUMI- NAUT	hydraulisch 2	6	2 Handhebel je Manipulator zur Genauereinstellung Hand und Unter- arm und Grobein- stellung Oberarm	80 kg Tragkraft bei 2,7 m Länge des Manipulatorarms
ALVIN	elektrisch 1	6	Kippschalter, Greifkraftan- passung	20 kg Tragkraft bei 1,5 m Länge des Manipulatorarms
BEAVER IV	hydraulisch 2	8	Steuerung der Geschwindigkeit über Handhebel	20 kg Tragkraft bei 1,8 m Länge des Arms; Werkzeug- wechsel ist möglich

Manipulatoren an Unterwasserfahrzeugen

Tauchboot, -apparat	Antriebsart Manipulator, Anzahl der Manipulato- ren	Frei- heits- grad	Steuersysteme	Nutzungsdaten
DEEP QUEST	hydraulisch 2	7	Steuerung mit Geschwindig- keitsanpassung über Kipp- schalter	40 kg Tragkraft bei 2,1 m Armlänge; verschiedene Be- festigungsarten am Manipulator
DEEP STAR 4000	hydraulisch 1	3	Steuerung der Geschwindigkeit über Handhebel	14 kg Tragkraft bei 1,1 m Armlänge
DIVING SAUCER COU- STEAU	hydraulisch 1	2	Steuerung der Geschwindigkeit über Handhebel	14 kg Tragkraft bei 1,1 m Armlänge
DOWB	elektrisch 1	6	Steuerung mit 2 Geschwindig- keiten; Anpas- sung der Greif- kraft	Fernbeobachtungs- optik, 20 kg Trag- kraft bei 1,3 m Armlänge
DSRV-1	hydraulisch 1	7	Steuerung der Position über Handhebel, An- passung der Greifkraft	20 kg Tragkraft bei 2,2 m Armlänge; Anbaumöglichkeit für verschiedene Werkzeuge
DSRV-2	hydraulisch 1	7	Steuerung der Geschwindigkeit	wie bei DSRV-1
RUM	elektrisch 1	5	Fernsteuerung der Geschwindig- keit, 4 Tele- kameras	200 kg Tragkraft bei 2,1 m Armlänge oder 20 kg bei 4,5 m Armlänge
SEA CLIFF TURTLE	hydraulisch 2	7	Steuerung mit Beeinflussung der Geschwindig- keit über Knopf- taster	48 kg Tragkraft bei 2,3 m Armlänge; Anbaumöglichkeit für verschiedene Werkzeuge
STAR II	hydraulisch 1	4	wie bei SEA CLIFF TURTLE	20 kg Tragkraft bei 1,2 m Armlänge

Manipulatoren an Unterwasserfahrzeugen

Tauchboot, -apparat	Antriebsart Manipulator, Anzahl der Manipulato- ren	Frei- heits- grad	Steuersysteme	Nutzungsdaten
STAR III	hydraulisch 1	6	wie bei SEA CLIFF TURTLE	60 kg Tragkraft bei 2 m Armlänge
TRIESTE I	elektrisch 1	6	wie bei SEA CLIFF TURTLE	20 kg Tragkraft bei 0,75 m Armlänge
CURV	hydraulisch 1	4	Fernsteuerung mit Hilfe von Telekameras	—

Tauchkolbenzylinder ↗ Plungerkolben.

Tauchroboter ↗ Unterwasserroboter.

TCP [engl., Abk. für tool center point]: Bezeichnung für den Referenzpunkt eines Werkzeugs oder Greifers.

TE: Abk. für Technologische Einheit.

Teachbox ↗ Teach-in-Tableau.

teaching by doing [engl.]: Belehren durch Vorführen als Methode der IR-Programmierung. Vgl. Teach-in-Programmierung, direkte.

teaching by leading [engl.]: Belehren durch Anleiten als Methode der IR-Programmierung. Vgl. Teach-in-Programmierung, indirekte.

teaching by showing [engl.]: Belehrung eines visuellen Erkennungssystems durch Vorzeigen der zu erkennenden Objekte, wodurch Objektrepräsentanten in Form von kodierten Bildern, Bildkennndaten, Merkmalen u. ä. erfaßt und abgespeichert werden.

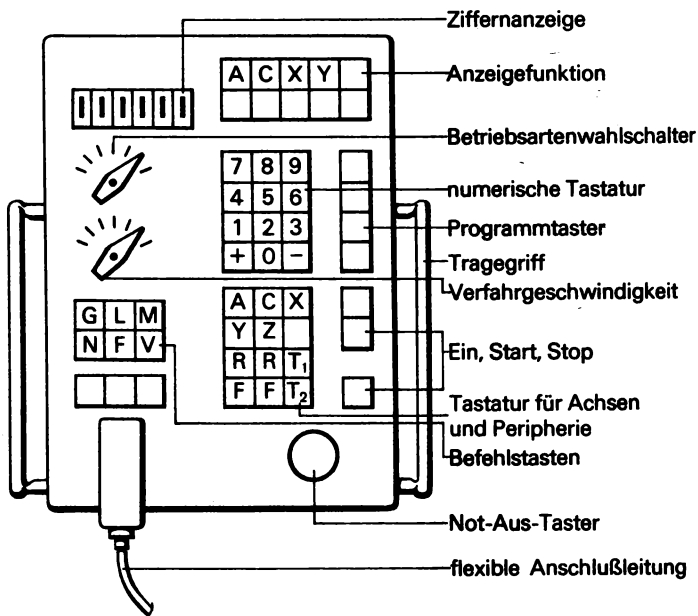
Teach-in-Programmierung, *Teach-in*: Bezeichnung für Programmierverfahren für IR. Bei ihnen wird durch Bewegungen oder Verfahren der Arbeitsorgane die für die Bewegungssteuerung notwendigen Weg- und Winkelinformationen gewonnen, die in Automatik-Betriebsarten als Sollwerte dienen. Die Weg- und Winkelinformationen werden dabei automatisch entweder durch bestimmte Bedienhandlungen am ↗ Tableau der Steuerung oder im Zuge des manuellen Bewegens von Arbeitsorganen gespeichert. Der IR wird also bei T. als Meßmaschine benutzt. Die Weg- und Winkelinformationen werden grundsätzlich von ↗ Wegmeßsystemen geliefert. T. ist eine Betriebsart des IR.

Teach-in-Programmierung, direkte, direktes Teach-in, Abfahren einer Bahn: Programmierverfahren für IR, bei dem im Zuge des manuellen Führens des Arbeitsorgans des IR (bei gelösten Bremsen der Bewegungseinheiten) die

Bahnpunkte als Koordinatenwerte der Bewegungsachsen selbsttätig in einem definierten Zeitraster ($\nearrow$ Positionsabfragefrequenz) abgespeichert werden. Die Speicherung in Massenspeichern erfolgt in einer Art Tabellenform, wobei im Automatikbetrieb zeitlich zusammengehörende Koordinatenwerte als Führungsgrößen für die Bewegungssteuerung ausgegeben werden. Für die Programmierung kann auch ein $\nearrow$ Phantomroboter verwendet werden oder die Verstellung des Führungsgetriebes wird durch Bewegen eines Steuerknüppels erreicht.

Die d. T. wird vor allem dort angewendet, wo eine analytische Beschreibung der Bewegungsbahn aus wenigen programmierten Bahnpunkten nicht möglich oder nicht sinnvoll ist, z. B. für die Oberflächenbehandlung (Farbspritzen, Emaillieren, bestimmte Schweißaufgaben u. a.).

Teach-in-Programmierung, indirekte, indirektes Teach-in: Programmierverfahren für IR, bei dem der Greifer, das Werkzeug u. a. des IR zunächst mittels Betätigung der Funktionstasten für die Bewegung der Achsen des IR in die gewünschte Position und Orientierung gebracht wird. Danach werden durch Betätigen einer Speichertaste, die häufig als Übernahmetaste bezeichnet wird, die Werte für Position und Orientierung (*Koordinaten*) automatisch in den Programmspeicher eingeschrieben. Dazu können weitere Programminformationen, wie Verfahrensgeschwindigkeit, Zusatzfunktionen, Hilfsbefehle u. a. über Tasten eingegeben werden. Im allgemeinen bewirkt



Teach-in-Tableau und Bedienfunktionen

das Betätigen der Speichertaste auch gleichzeitig das Einspeichern des Satzende-Kennzeichens und, sofern kein Programmende-Befehl eingegeben wird, das Anfangskennzeichen für den nächsten Satz. Die Bedienfunktionen können durch Anzeigen und andere Hilfsmittel unterstützt sein, z. B. durch einen Handsteuergriff (*Steuerknüppel*), mit dem man auch in mehreren Achsen gleichzeitig bewegen kann. Vgl. Bahnfahren, Betriebsart.

Teach-in-Tableau, Panel, Teachbox: Bezeichnung für ein Tableau, mit dem der zugehörige IR im Teach-in-Verfahren programmiert wird. Vgl. Teach-in-Programmierung. Abb.

Technologische Einheit, Abk. TE: Verknüpfung von Maschine und Werkstückbereitstellung über eine Handhabetechnik, wobei der Werkstückwechsel gewöhnlich automatisiert abläuft.

technologischer Prozeß: Gesamtheit notwendiger Bearbeitungen der Arbeitsgegenstände, um Änderungen der Form, der Maße, der physikalischen und chemischen Eigenschaften der Werkstoffe u. ä. zu bewirken. Zum Zweck der Arbeitsdurchführung ist der t. P. weiter in Arbeitsgänge, Arbeitsstufen, Griffe, Griffelemente und Bewegungen gegliedert.

technologischer Roboter: IR, der für das Ausführen von technologischen Operationen eingerichtet ist (*Verfahrensroboter*). Er kann damit direkt die Tätigkeit eines Facharbeiters ausführen, während es sich im Gegensatz dazu beim Beschicken gewöhnlich um Hilfsarbeiten handelt. T. R. sind i. allg. Drehgelenkroboter, da ihre Führungsgetriebe menschenähnliche Bewegungen am besten nachbilden können.

Teileidentifikation: Erkennung von Teilen aufgrund ihrer morphometrischen Merkmale, z. B. Fläche, Umfang, Lochanzahl und Lochfläche. Diese Merkmale sind bezüglich Rotation und Translation eines Teils innerhalb der Bildfläche invariant.

Teilsystemschnittstelle → Systemschnittstelle.

Telechiric [griech., Fernhand]: Bezeichnung für Fernhandhabung. T. wird wegen der großen Entfernung vom Steuerteil bei Master-Slave-Manipulatoren an Tiefsee- und Kosmosfahrzeugen erforderlich. Infolge der langen Übertragungsstrecke tritt eine Zeitverzögerung beim Übermitteln der Steuerbefehle auf.

Telegrafencode Nr. 2: für Fernschreibzwecke 1932 normierter Kode, der bei Anschlüssen von Datenfernübertragungseinrichtungen an Mikroprozessorsystemen eine Rolle spielt.

Telelux: anthropomorpher Haushaltroboter, der auf Befehl über eine akustisch-optische Steuerung Fenster schließt, Türen öffnet und die Beleuchtung einschaltet. Er wurde Ende der zwanziger Jahre von R. J. Wenslay in Pittsburg (USA) entwickelt.

Telemanipulator: Manipulator, der ferngesteuert wird. Die Bewegungen werden durch direkte Einsicht des Handhabeortes oder über ein Fernsehbild von einem → Teleoperator vorgegeben und kraft- und gegebenenfalls maßstabverändert nachgebildet. T.en werden in der Kern-, Meeres- und Weltraumforschung eingesetzt; im industriellen Bereich als Schwerlastmanipulator.

Telemetrie [griech.] → Fernmeßtechnik.

Teleoperator: aus der Ferne handelnder Mensch in einem Mensch-Maschine-System, dessen Tätigkeiten über Fernsteuerung auf Maschinen, z. B. Manipulatoren, übertragen werden. Die Bewegungen der Manipulatoren werden in sämtlichen ihrer Bewegungsachsen vom T. mit den Armen und Händen und evtl. auch mit den Füßen gesteuert. Das kann mit Hilfe eines ↗ Außenskeletts oder eines Meisterarms erfolgen. Für die Handsteuerung kann auch ein Handsteuergriff (*Steuerknüppel*) in der Art eines Mehrkoordinatenschalters verwendet werden.

Telepresence [engl., Fernanwesenheit]: Wissenschaftsgebiet, das sich mit Fernsteuerverfahren befaßt, die für künftige Untersuchungen und Fertigkeiten im Weltraum benötigt werden und bei denen der Mensch vor Ort durch einen ferngesteuerten Roboter ersetzt ist. T.konzepte sehen vor, am Körper des vom Erdboden aus operierenden Menschen eine Vielzahl von Sensoren anzubringen, damit dieser durch Kopf-, Arm- und Beinbewegungen weit entfernte Roboter zu menschengleicher Tätigkeit anleiten kann. Für die Übertragung der Steuerbefehle vom menschlichen Körper zum Roboter sowie der Bildsignale und Rückmeldungen in Gegenrichtung wird eine Vielzahl von Nachrichtenkanälen benötigt, und zwar um so mehr, je vielseitiger die Anforderungen an die Sensibilität sind. Für die T. sind Effektoren zu entwickeln, deren Sensoren sowohl auf die Annäherung der Robotergreifglieder an ein Werkstück reagieren, als auch Druckänderungen beim Greifen feinfühlig melden, z. B. durch akustische Signale, die in der Tonhöhe und in der Lautstärke wechseln. Das erweist sich besonders dann als unerlässlich, wenn ein Greifglied außerhalb des Kamerasichtfeldes hinter dem Werkstück tätig ist. Vgl. Synchronotelemanipulator.

Teleskoparm: geringen Platzbedarf beanspruchende Bauweise einer ↗ Linear-einheit für einen IR mit großer Hublänge. T. werden sowohl mit ineinander laufendem Kasten- als auch mit Rundprofil ausgeführt und können elektrisch oder hydraulisch angetrieben werden.

Televox: anthropomorpher Haushaltroboter. Er wurde 1927 von dem Ingenieur *R. J. Wenslay* in Pittsburg (USA) konstruiert. T. konnte einen Staubsauger u. a. Haushaltgeräte bedienen. Der Roboter war grobschlächting und ungefüge; Nase, Mund und Augen waren lediglich angezeichnet. Er wurde akustisch über ein Pfeifton-Kodesystem gesteuert.

Tensorarm: Form einer Bewegungseinheit mit rüsselähnlicher Beweglichkeit. Der T. besteht aus mehreren scheibenförmigen Gliedern, die durch Kreuzgelenke miteinander verbunden sind. Der Antrieb kann durch einzelne Hubkolbenmotore oder auch über vorgespannte Seilzüge erfolgen, die z. B. durch Rollengelenke zusammengehalten werden und an Hydrozylindern befestigt sind. Der T. wird vor allem bei Farbspritzrobotern eingesetzt. Nachteilig ist der hohe Aufwand für die Achsantriebe. Abb.

Terminal [engl.]: dezentrales peripheres Datenein- und Datenausgabegerät, das dem Dialogverkehr mit einer Rechnersteuerung dient. Die Umsetzung von Daten kann auf bestimmte Datenträger oder in visueller Form auf ein Bildschirmgerät erfolgen.

Testlauf: Bezeichnung für den probeweisen Lauf eines Handhabeprogramms in den Betriebsarten Automatik, Zyklusautomatik oder Schrittau-

tomatik unmittelbar nach der Eingabe oder Korrektur des Programms. Ziel ist eine Überprüfung des Betriebs des IR, insbesondere des Bewegungsablaufs durch den Programmierer. Aus Sicherheitsgründen wird eine verringerte Bewegungsgeschwindigkeit benutzt, z. B. 25 % der normalen, und bzw. oder es werden keine Teile gegriffen. Der T. kann besondere Maßnahmen zur Simulation von Quittierungssignalen, insbesondere aus den zu beschickenden Maschinen und peripheren Einrichtungen, erfordern.

Tetrade: Zusammenfassung von 4 $\nearrow$ Bits zu einer Einheit, auch Halbbyte genannt. In einer T. können die Zahlen 0 bis 15 in dualer Form dargestellt werden. Vgl. BCD-Kode.

Tiefseeroboter $\nearrow$ Unterwasserroboter.

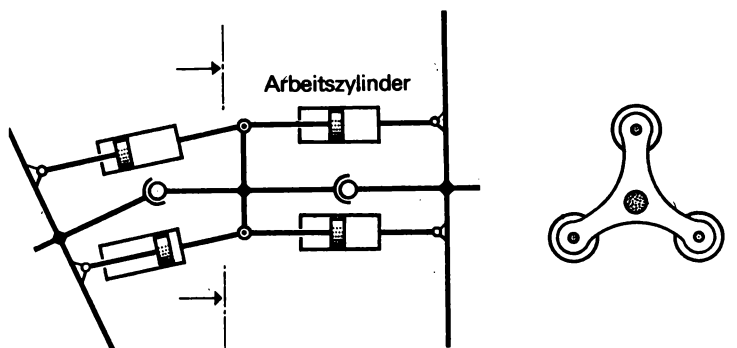
Time sharing [engl.]: Verfahren zur zeitgeschachtelten Nutzung eines Rechners, i. allg. so, daß innerhalb einer Zeit t jedem Nutzer die Rechanlage für eine gewisse Zeit t_i periodisch zur Verfügung gestellt wird.

Tippbetrieb: Bewegen einer Bewegungseinheit durch Handsteuerung, wobei die Bewegung nur solange stattfindet, wie ein Taster gewollt betätigt wird. Der T. steht insbesondere im Zusammenhang mit der Einhaltung von Sicherheitsbestimmungen, d. h., mit dem Betätigen des Tasters soll ein Beobachten der Bewegung erfolgen. Loslassen des Tasters muß zum sofortigen Halt der Bewegungseinheit führen.

Bei IR erfolgt T. nur beim Einrichten bzw. beim Programmieren. Mehrmaliges, kurzzeitiges aufeinanderfolgendes „Tippen“ kann zu außergewöhnlichen, insbesondere thermischen Belastungen der Antriebsmotoren führen, was bei der Dimensionierung zu berücksichtigen ist.

TIPS-II: einfaches Programmiersystem mit Roboterkoordinaten. Jeder Bewegungsbefehl ist mit der Definition eines Punkts verbunden, d. h., die aktuellen IR-Gelenkkoordinaten werden eingelesen und im Programm gespeichert. Die Art des Befehls bestimmt die Genauigkeit, mit der ein Punkt angefahren wird. Tab. S. 354.

Tischroboter: Roboter, der durch seine Größe, Masse und Bauform für einen Tischaufbau geeignet ist. Der T. kann für die Montage von Kleinteilen



Bauvariante für einen Tensorarm

Ausschnitt aus einem Programm von TIPS-II

Programm	Erläuterung
& VA STUFE = 4 STUFE = 8	Geschwindigkeitsstufe 8
& LB MARKE = AA	Programmanfangsmarke
& WB Bit-Nr. 0 = 1	Warte Palettensignal
& DO Marke = A1 Marke = E1	Programmschleife von A1-E1
MAX. = 6 INDEX (* / A) = * 0	Zähler * 0, Anzahl = 6
& CA MARKE = PW	Palettentransport (UP)
& JU MARKE AA	Programmwiederholung
& KO PALETTE BELADEN	
& LB MARKE A1	Anfang Programmschleife
& WB Bit-Nr. 1 = 1	Warte Bandsignal
& GA	Greifer öffnen
& GP	Bandgrobposition
& FP	Bandfeinposition
& GZ	Teil greifen
usw.	

günstig sein, ist aber oft auch für Ausbildungszwecke vorgesehen.

TMM: Abk. für Theorie der Maschinen und Mechanismen.

Torsionsverlagerung: bei einem IR die Verschiebung des Arbeitsorgans infolge der Formänderung der stabförmigen Bauteile durch das Einwirken von Torsionsmomenten bei ungünstiger Greiferstellung. Sie ist Bestandteil der Greiferverlagerung. Abb.

Tracking [engl.]: Bezeichnung für eine stetige Anpassung der Arbeitsgeschwindigkeit eines IR an die Geschwindigkeit eines Förderers, z. B. eines Transportbandes. Die Anpassung erfolgt mittels eines ↗ Synchronisationssignals aus einem Tachogenerator, der an den Förderer angekoppelt ist. Dieses Signal beeinflusst z. B. den Wert der Ausgabefrequenz der in einem Massenspeicher gespeicherten Sollpositionen.

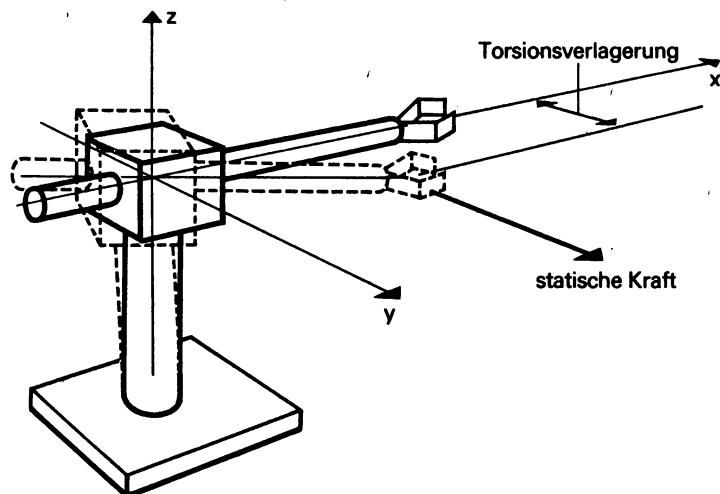
Tragfähigkeit, Nenntragfähigkeit: größter Wert der Masse der HHO, bei der das Ergreifen und Halten bei Einhaltung festgelegter Betriebswerte des IR gewährleistet ist. Die Angabe der T. bezieht sich i. allg. auf die Schnittstelle Bewegungseinheit/Greifereinheit.

Bei verringerter Geschwindigkeit kann die zu handhabende Masse vergrößert werden. Bei Mehrfachgreifern ist die Objektmasse n -mal zu berücksichtigen. Die Ausnutzung der T. hängt außerdem z. B. von der Beschleunigung des Führungsgetriebes, der Größe der Haftreibung zwischen Greif- und Grifffläche und von Kräften bzw. Momenten ab, die beim Durchführen eines technologischen Verfahrens entstehen können.

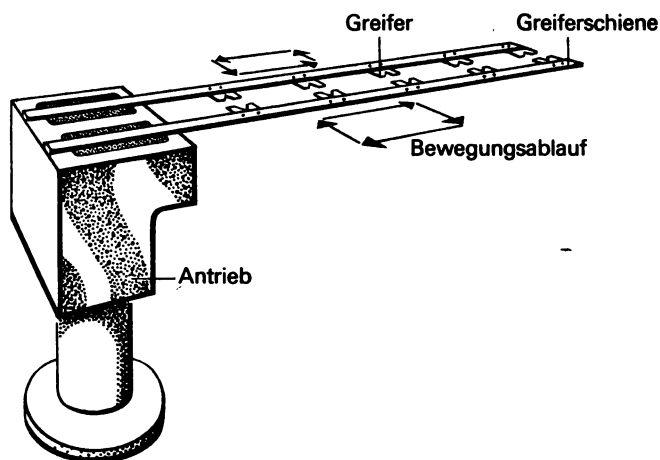
Trajektorie [lat.]: Kurve, die sämtliche Kurven einer ebenen Kurvenschar unter demselben Winkel schneidet. Vgl. Robotertrajektorie.

Transferautomat ↗ Beschickungsroboter.

Transferegreifereinrichtung: spezielle Bauform eines Manipulators, bei dem



Darstellung der Torsionsverlagerung



Transfereinrichtung

eine Vielzahl von Zangengreifern auf Schienen, die im Rechteckzyklus bewegt werden, befestigt sind. Die Werkstücke werden schrittweise durch alle Bearbeitungsstationen (Stufenumformautomat oder nebeneinanderstehende Einzelpressen) gereicht. Der Antrieb der Schienen erfolgt durch Steuerkurven. Abb.

Transferstraße: Maschinenfließreihe zur automatischen Fertigung, die aus

mehreren Einzelmaschinen zusammengestellt ist, aber im Gegensatz zur Taktstraße eine Weitergebeeinrichtung mit *unabhängiger* Steuerung hat. Da das Weitergeben zwischen den einzelnen Maschinen zeitlich entkoppelt ist, ergibt sich eine gewisse Variation des Verfahrensablaufs. Auf T. können bestimmte Klassen ähnlicher Werkstücke bearbeitet werden. IR können Bestandteil von T. sein.

Transformation ↗ Koordinatentransformation.

Transistor: Halbleiterbauelement, in dem der Strom zwischen 2 Elektroden über eine 3. Elektrode gesteuert werden kann, so daß eine Signalverstärkung entsteht.

Translation [lat.]: Bewegungsform, bei der ein bewegter starrer Körper ohne Drehung um seinen Schwerpunkt, d. h. parallel, verschoben wird.

Translationseinheit ↗ Lineareinheit.

Transportoperation: Fortbewegen von Gütern mit dem Ziel, diese Güter an einem bestimmten Ort zu einem bestimmten Zeitpunkt bereitzustellen. Die T. beginnt nach Abschluß der Belastung des Transportmittels mit Gütern und endet mit Beginn der Entlastung. Vgl. Lagern, Umschlagoperation.

Transportprozeß: Güterbeförderung, die durch fördertechnische Mittel bzw. manuell durchgeführt wird.

Transportroboter: automatische Einrichtung für technologische Hilfsoperationen, die beim Bewegen von Gut im Werksbereich in der Art fahrerloser Flurförderzeuge (*Robocarrier*, *Autorobot* u. a.) verwendet wird.

Platzgünstig sind Bauformen, bei denen der Greiferarm am Portal läuft und von oben greift. Die Tragfähigkeit eines solchen T. kann z. B. 250 kg betragen, die Verfahrensgeschwindigkeit am Portal 0,5 m/s und die Bewegung des Greiferarms 0,26 m/s.

Transport-Umschlag-Lagerprozeß, Abk. TUL: Ausführung einzelner oder einer Folge von Transport-, Umschlag- und Lagerungsoperationen an Gütern sowie der dazu erforderlichen Hilfsoperationen zur Bereitstellung dieser Güter in bestimmter sorten- und mengenmäßiger Zusammenstellung, an bestimmten Orten und zu bestimmten Zeitpunkten.

Transrob ↗ automatisiertes Transportsystem.

Traverse ↗ Portalbalken.

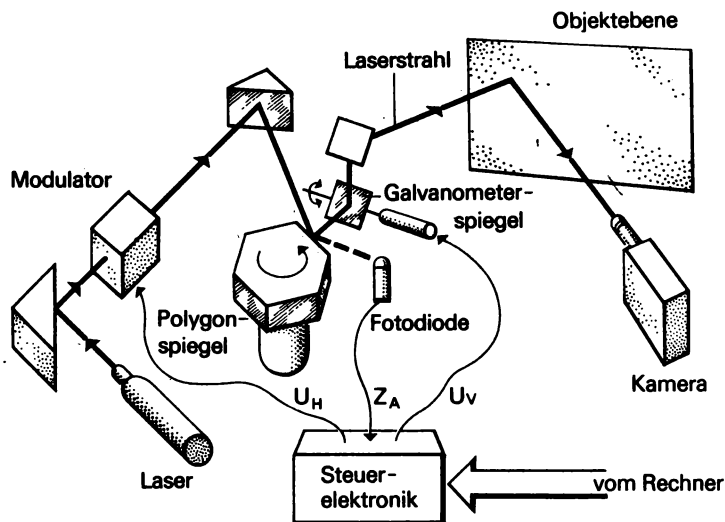
Trial-and-error-Methode [engl., Versuch-Irrtum-Methode]: Verfahren selbstorganisierender Systeme, gewisse Handlungen versuchsweise anzuwenden und anhand von Erfolgskriterien auf Richtigkeit zu überprüfen. Durch eine Folge solcher Schritte findet das System Handlungen, die schließlich zum Ziel führen. Ein weiterer Aspekt besteht darin, daß mit der T. Informationen über die Umwelt gewonnen werden, auch wenn dabei der Wert einer Zielnähefunktion nicht verbessert wird.

Die T. stellt ein wesentliches Element des schöpferischen menschlichen Handelns und Denkens dar. Der Mensch kann auch Automaten für ein solches Handeln programmieren, z. B. Roboter, die den ↗ Griff in die Kiste nach der T. absolvieren.

Der Ausdruck „Versuch und Irrtum“ wurde erstmals von *O. W. Holmes* und *H. S. Jennings* (1905/1906) in der Biologie verwendet und später von *W. R. Ashby* in die Kybernetik übernommen und verallgemeinert.

Triangulation: Bestimmung der gegenseitigen Lage von Raumpunkten aus einer Seite (Basis) und allen Winkeln eines Dreiecknetzes. Die T. kann z. B. für das dreidimensionale Sehen durch hochentwickelte Roboter verwendet werden.

Triangulations-Laser-Scanner: laseroptischer Abtaster, der unter Nutzung der Triangulation dem dreidimensionalen Sehen eines hochentwickelten Roboters dient. Der Strahl, z. B. eines 5-W-He-Ne-Lasers, wird über einen Umlenkspiegel zu einem akusto-optischen Intensitätsmodulator übertragen. Dieser moduliert die Intensität des Strahls entsprechend der Steuerungsspannung U_H . Durch die Amplitudenmodulation mit einer Rechteckfunktion wird der Laserstrahl an- und abgeschaltet. Er trifft dann auf einen rotierenden Polygonspiegel mit 20 Flächen. Jede lenkt den Strahl über einen bestimmten Winkelbereich, z. B. 12° , ab. Die Streuung des Strahls an den Kanten der Spiegelflächen wird ausgenutzt, um mittels Fotodiode einen Zeilenanfangsimpuls Z_A zu erzeugen. Ein Galvanometerspiegel lenkt den Strahl vertikal ab. Die Stellung dieses Spiegels wird durch die Spannung U_V eingestellt. Ein letzter Umlenkspiegel projiziert den Strahl auf das Objekt, der die gesamte Objektebene abtastet. Die Modulationsspannung U_H erlaubt, aus einer Zeile einzelne Lichtpunkte auszutasten, womit zusammen mit der Spannung U_V jeder einzelne Lichtpunkt wahlfrei positioniert werden kann oder auch eine ganze Zeile. Das erlaubt z. B. auch die Konturermittlung durch Kantenverfolgung mit dem Laserstrahl. Abb.



Aufbau eines Triangulations-Laser-Scanners (U_H Modulationsspannung [Horizontalspannung], U_V Vertikalspannung für Galvanospiegelauslenkung, Z_A Zeilenempfangsimpuls)

Trichtermagazin: Werkstückspeicher mit trichterförmigem Aufsatz für die Bereitstellung von Teilen mit geringer bis mittlerer Masse.

Trittplatte, Sicherheittrittplatte: Schutzeinrichtung, die vor dem Bewegungsraum eines IR so angeordnet ist, daß sie weder umgangen noch überschritten werden kann und als elektrisch wirkende Kontaktmatte oder -platte ausgebildet ist. Beim Betreten der T. wird ein Abschaltsignal abgegeben.

Trommelbunker: Werkstückspeicher für ungeordnete Werkstücke. Er besteht aus einer waagrecht oder schräg angeordneten Trommel, in der Haken, Taschen oder Profilöffnungen angeordnet sind, mit denen das Speichergut geordnet werden kann. Es werden Leistungen von 50 bis 450 Stück/min erreicht.

Trommelentwirrer: spezielle Handhabeinrichtung zum Herauslösen einzelner Wirtteile aus einem Haufwerk. Aktives Organ des T. ist eine einseitig geschlossene Entwirrtrommel mit innen angebrachten Rippen, an denen sich Wirtteile aus dem Haufwerk lösen. Entwirrte Teile fallen zur Trommelmitte und verlassen die Trommel durch die offene Seite.

Trommelmagazin: Werkstückmagazin, bei dem die Speicherplätze auf einer Kreisfläche in einer oder in mehreren Reihen hintereinander angeordnet sind. Die Drehachse kann horizontal oder vertikal liegen. Die Lagesicherung der Werkstücke erfolgt kraft- oder formpaarig. Zum Be- und Entladen wird das T. getaktet weitergedreht.

TRR: Abk. für Translation/Rotation/Rotation als Strukturbezeichnung für das Führungsgetriebe oder den Greifer eines IR. Vgl. Grundbauart, Kinetik.

Trubochod [russ.]: kriechende Vorrichtung zur Inspektion und Wartung von Rohrsystemen, die sich durch eine Fortbewegungseinrichtung mit z. B. ringförmigen transversalen Drahtbürsten, ähnlich der Borsten an Würmern, im Innern von Rohren bewegt. Mehrere Bürstensätze werden nacheinander mit der Rohroberfläche in Kontakt gebracht und garantieren so die Bewegung in die jeweilige Richtung.

Tschebyschow, Pafnuti Lwowitsch: russischer Mathematiker, der von 1821 bis 1894 lebte und sich u. a. mit Fragestellungen der technischen Mechanik beschäftigte, so z. B. mit der analytischen Lösung von Aufgaben auf der Grundlage einer Theorie der Mechanismen. Einige Führungsmechanismen, bei denen einer ihrer Punkte geradlinige Abschnitte mit konstanter Geschwindigkeit durchläuft, wurden von ihm für Schreitmaschinen vorgesehen. Vgl. Fußschreitmaschine.

TTR: Abk. für Translation/Translation/Rotation als Strukturbezeichnung für das Führungsgetriebe oder den Greifer eines IR. Vgl. Grundbauart, Kinetik.

TTT: Abk. für Translation/Translation/Translation als Strukturbezeichnung für das Führungsgetriebe oder den Greifer eines IR. Vgl. Grundbauart, Kinetik.

TUL: Abk. für ↗ Transport-Umschlag-Lagerprozeß.

Typeneinsatzfall: Anwendungsspezifisch, die für viele gleichgelagerte Anwendungen zutrifft, so daß die Mehrzahl der einsatzvorbereitenden Aktivitäten nach erprobten standardisierten Projektunterlagen erfolgen kann.

U

Überbestimmtheit: Überschuß an Beweglichkeit in der kinematischen Struktur eines IR, z. B. bei Ausbildung eines Tensorarmes, der zum Erreichen hinterschnittener Räume durch ein Arbeitsorgan genutzt werden kann. Anwendungsgebiet ist z. B. das Farbspritzen von Kraftfahrzeuginnenräumen.

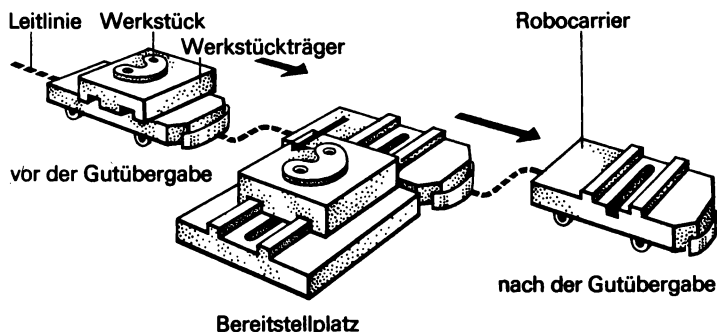
Überbestimmungsgrad: Kenngröße eines Gelenks, die angibt, wieviel Maßbedingungen vorliegen, z. B. Parallelität von Führungsflächen, Winkligkeit, Fluchtungen und Abstände, deren Einhaltung die Funktion eines überbestimmten Gelenks gewährleistet. Der Ü. kann aus $\ddot{u} = f + 6(k - 1) - \sum_{i=1}^k f_i$

berechnet werden. Hierin ist f der Gelenkfreiheitsgrad der Führung und f_i der Gelenkfreiheitsgrad des i -ten Teilgelenks. Bei der konstruktiven Gestaltung von Führungen sollte ein niedriger Ü. angestrebt werden. Im Idealfall soll $\ddot{u} = 0$ sein.

Überdruckgreifer: Greifer, bei dem ein HHO durch die Wirkung eines Überdrucks gehalten wird. Ü. sind z. B. Schrumpfnäpfe und -reifen, deren Innendurchmesser sich beim Einblasen von Druckluft einschnürt, womit Plasteeimer, Flaschenhälse u. ä. gegriffen werden können.

Übergabeeinrichtung: Einrichtung, mit der in automatischen Systemen HHO von z. B. einem Transportmittel auf einen Bereitstellplatz übergeben werden. Als Transportmittel kommen sensorisch geführte Flurförderzeuge in Frage. Die Ü. hat in unbemannten flexiblen Fertigungssystemen eine wichtige Aufgabe zu erfüllen. Als Ü.en werden auch Handabeeinrichtungen bezeichnet, die in automatischen Maschinenfließreihen Werkstücke von einer Maschine abnehmen und zur nächsten geordnet weitergeben. Abb.

Überkopfinstallation: Anordnung eines IR oder Manipulators im arbeitsfreien Raum über den Arbeitsplätzen, meist an der Decke oder an speziellen Gerüsten hängend.



Übergabeeinrichtung: Übergabe beim Einsatz fahrerloser Transportsysteme

Überlastsicherung: Einrichtung zum Schutz des Führungsgetriebes eines IR vor Überlastung durch Havarie oder z. B. zu hohe Fügereaktionskräfte. Das kann durch eine Sollbruchstelle oder ein Sicherheitsgelenk an der Greifhand realisiert werden. Ü.en können auch noch für andere Baugruppen in Frage kommen.

Überschleifen, Überschleifbedingungen: Übergang zum nächsten Programmschritt ohne Bewegungshalt als Möglichkeit der Einflußnahme auf Qualität und Optimierung der Bewegung von Achsen eines IR über das Handhabeprogramm.

Beim Ü. werden Raumpunkte durch einen IR bewußt ungenau angefahren. Das wird aktuell, wenn z. B. das Arbeitsorgan eines Roboters auf einer kollisionsfreien Bahn bewegt werden soll und Werkstücke, Vorrichtungen oder Lagesicherungselemente umfahren werden müssen. Dazu werden zusätzliche Hilfspunkte programmiert, die jedoch nicht mit der größten Positioniergenauigkeit erreicht werden müssen. Das Arbeitsorgan hält an diesen Hilfspunkten somit nicht an, sondern fährt nach Erfüllung von vorzugebenden Bedingungen sofort zum nächsten Punkt weiter. Der Positionierfehler beim Anfahren von Hilfspunkten muß innerhalb bestimmter Grenzen liegen und von der Geschwindigkeit des Arbeitsorgans unabhängig sein.

Überschwingamplitude: max. Weg, den der IR-Greifer beim Halt in einer programmierten Position über diese infolge von Schwingungen des IR hinausfährt. Die Größe der Amplitude ist neben den dynamischen Eigenschaften von der Handhabemasse, der Verfahrgeschwindigkeit sowie der Position im Arbeitsraum abhängig. Sie ist eine wichtige Größe im Zusammenhang mit notwendigen Kollisionsbetrachtungen. Reale Werte für die Ü. können bei einem Drehgelenkroboter und bei 60 kg Greiferhandbelastung je nach Geschwindigkeitsstufe z. B. im Bereich von 0,5 bis 30 mm liegen.

Überschwingen: Vorgang, der das Überfahren einer programmierten Zielposition durch einen IR bezeichnet, ehe diese genau erreicht wird. Ursache sind mechanische Schwingungen bei Baugruppen des IR sowie dazu überlagerte Regelschwingungen bei lagegeregelten IR. Das Ü. charakterisiert das dynamische Verhalten des IR beim Einfahren in eine programmierte Zielposition und wird vor allem durch die Überschwingamplitude und die Ausschwingzeit ausgedrückt. Die Angabe des Ü. muß für definierte Bewegungsgrößen und eine bestimmte Position des Arbeitsorgans und jede Bewegungsachse getrennt erfolgen. Eine Bewegungsbahn soll ohne Ü. erreicht werden, um ein Anstoßen des Arbeitsorgans an Hindernisse zu verhindern. Aus der Form der Ausschwingkurve lassen sich die Ursachen für das Ü. deuten (mechanische Schwingungen, Lageregelschwingungen).

Überschwingweg → Überschwingamplitude.

Übersetzer: 1. ↗ Übergabeeinrichtung. – 2. ↗ Sprachübersetzer. – 3. ↗ Interpret.

Übertragungsgetriebe ↗ Getriebe.

Überwachung, Prozeßüberwachung: Maßnahmen zum Erkennen von Fehlern in Bauelementen, -steinen, -gruppen, Anlageteilen, Verbindungselementen u. a. Dabei wird aus dem Fehler selbst, z. B. defektes Bauelement, oder aus Wirkungen des Fehlers, z. B. Nichteinhalten der Toleranz einer Versor-

gungsspannung, eine Reaktion der Steuerung (Fehleranzeige, Stopp, Steuerspannung-Aus u. a.), abgeleitet.

Ü. wird vorzugsweise durch den Einsatz spezieller Schaltungen, Sensoren, Indikatoren realisiert, kann aber auch durch Steuerprogramme erfolgen. Ziel der Ü. ist in erster Linie die Abwendung von Gefahren für den Menschen, Verhinderung bzw. Kleinhaltung von Schäden, aber auch die Erhöhung der Verfügbarkeit der Ausrüstung. Schaltungen u. a. zur Ü. werden auch als Ü.einrichtung bezeichnet.

Überwachungseinrichtung: Einrichtung zur Überwachung der Basisfunktionen eines IR. Wird die Zeit $T_2 > T_1$, so schaltet die Ü. alle von der Störung betroffenen Antriebe aus und stellt damit den bezüglich Energieinhalt sicheren Zustand her. Vgl. Betriebsbereich, Außerbetriebnahmebereich.

Überwachungssensor: Sensor, der im Zusammenhang mit dem Einsatz von Überwachungseinrichtungen in automatisierten Einrichtungen verwendet wird. Der Ü. kann i. allg. als $\nearrow$ Prozeßsensor betrachtet werden.

Ultraschallsensor: Sensor, dessen Ankopplung an den Prozeß bzw. an Prozeßelemente (Objekte) über mechanische Feldenergie des Ultraschallbereichs (Schallfrequenzen zwischen etwa 16 kHz und 1 GHz) erfolgt. U.en haben einen Schallsender und einen Schallempfänger, die entweder als Schranke angeordnet sein können oder im Reflexbetrieb mit Schallreflexion an Hindernissen (Nutz- oder Störobjekte) arbeiten. U.en nach dem Reflexprinzip benutzen häufig Impuls-Laufzeit-Verfahren. Dabei wird aus der Laufzeit Sender-Hindernis-Empfänger eines Impulses die Entfernung zwischen U. und Hindernis ermittelt. Besondere Maßnahmen erfordern die Verrechnung der sich mit der Umgebungstemperatur ändernden Schallgeschwindigkeit sowie die Unempfindlichkeit gegenüber Störgeräuschen.

Mit U.en lassen sich Kollisionsschutzsysteme ($\nearrow$ Kollisionserkennung) für mobile Roboter oder nichtschienengebundene, bedienerlose Flurförderzeuge aufbauen. Auch die definierte Annäherung eines Greifers an HHO oder die Kontrolle auf Anwesenheit solcher Objekte lassen sich damit lösen.

UM [engl.]: Abk. für *unmanned manufacturing*. $\nearrow$ Fertigung, unbemannte.

Umfassungsgreifer: Greifer, der sich der Kontur des HHO anpassen und das Objekt mit einer je Wirkstelle verhältnismäßig geringen spezifischen Greifkraft halten kann. Ein mechanisch wirkender U. ist der $\nearrow$ Softgreifer, eine pneumatische Bauform der pneumatische $\nearrow$ Finger.

Umgriffplatz: Stelle einer IR-Peripherie in der Nähe der Fertigungseinrichtung zum Ablegen von Werkstücken zum Zweck des erneuten Greifens, z. B. bei Zweiseitenbearbeitung. Kennzeichen ist, daß der U. inaktiv ist, also keine bewegten Elemente enthält. Vgl. Wendepplatz.

Umkehrspanne: bei einem IR die Differenz der Mittelwerte der Istpositionen des Arbeitsorgans, die sich ergibt, wenn eine Sollposition auf einer Achse mit unterschiedlichem Richtungssinn angefahren wird: Die U. wirkt sich beim Arbeiten mit kleinen Hüben oder bei Nachpositioniervorgängen aus. Durch sie wird praktisch die untere Grenze für den kleinsten verfahrenbaren Schritt festgelegt.

Umlaufrädergetriebe, Planetengetriebe: Stirn- oder Kegelrädergetriebe, bei denen mindestens ein Rad oder Doppelrad vorhanden ist, dessen Welle nicht in einem Gestell, sondern in einem umlaufähigen Glied, dem Steg (*Planetenträger*), gelagert ist.

Umlenkposition: Punkt innerhalb eines Bewegungszyklus, an dem eine Richtungs- und bzw. oder Geschwindigkeitsänderung erfolgt. Gebundene U.en mit Positionierfehlern von 0,1 bis 0,5 mm erfordern definierte Positionen, z. B. beim Farbspritzen; freie U.en mit Positionierfehlern von 1 bis 5 mm lassen grobe Positionen und große Verfahrgeschwindigkeiten zu. Vgl. Arbeitsposition, Überschleifen, Warteposition.

Umorientieren: Herstellen einer neuen Lage und bzw. oder Richtung von HHO, die zwar geordnet vorliegen, aber in dieser Lage und bzw. oder Richtung nicht gehandhabt werden können.

Umprogrammierbarkeit: Eigenschaft eines IR, sein Steuerprogramm automatisch oder mit Hilfe eines Bedieners ändern zu können.

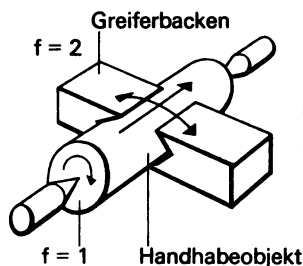
Umschlagoperation: Überwechseln von Gütern mit oder ohne Hilfe eines gesonderten Umschlagmittels von Transport- oder Lagerungsmitteln, gebrauchswertändernden Arbeitsmitteln oder von Arbeitskräften auf andere Transport- oder Lagerungsmittel, gebrauchswertändernde Arbeitsmittel oder auf Arbeitskräfte. Die U. wird häufig als Beladen, Umladen oder Entladen bezeichnet. Örtliche und zeitliche Veränderung der Güter ist eine sekundäre Nebenwirkung. Vgl. Lagern, Transportoperation.

Umschlagprozeß: beim Be- und Entladen von Transportmitteln erfolgreiches Überwechseln von Gütern.

Umweltkoordinaten → Weltkoordinaten.

Umweltmodell: Beschreibung der Umgebung durch ein Roboter- und Arbeitsraummodellabbild zum Zweck der impliziten Programmierung eines IR. Das Robotermodell besteht aus Daten, die den oder die verwendeten IR geometrisch mit Hilfe von Hüllkörpern und funktionell durch Angaben zum Bewegungssystem und zur Steuerung beschreiben. Das Arbeitsraummodell besteht lediglich aus geometrischen Daten und dient dem Programmiersystem hauptsächlich zur Kollisionserkennung.

Umzäunung: Schutzeinrichtung, die vor Gefahrenstellen so angebracht ist, daß diese weder durch Durchsteigen noch durch Übersteigen ohne Hilfs-



$$u = b(2 - n + g) - \left(\sum f\right) + f_d$$

$$u = 6(2 - 3 + 2) - (1 + 2) + 1 = 4$$

Definition der Unfreiheit

mittel erreicht werden können. Der Zutritt zum gesicherten Bewegungsraum eines IR-Arbeitsplatzes ist durch überwachte Öffnungen zulässig.

Unfreiheit: fehlender Gelenkfreiheitsgrad f einer kinematischen Kette, der sich z. B. beim Greifen eines eingespannten HHO mit einem Zangengreifer notwendig macht. Um Überbeanspruchungen zu vermeiden, werden i. allg. elastische Glieder, z. B. $\nearrow$ Ausgleichseinheiten, vorgesehen. Abb.

unilateral: bei einem Master-Slave-Manipulator das Auftreten von Kräften nur am Sklavenarm. Eine Krafrückführung erfolgt nicht. Vgl. bilateral.

universal transfer device [engl.], Abk. UTD: im englischsprachigen Raum Bezeichnung für universelle Handhabeinrichtungen.

Universaldoppelgreifer: Doppelgreifer, der durch eine große Greifweite in der Lage ist, eine Vielzahl geometrisch unterschiedlicher, aber formähnlicher Werkstücke aufzunehmen, ohne umgestellt werden zu müssen.

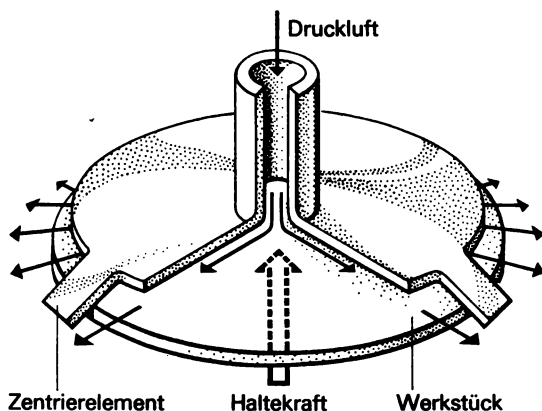
Universalgreifer: Greifer mit großem Greifbereich, oft mit Fluchtungsfehlerausgleich durch elastische und bzw. oder bewegliche Greiffinger ($\nearrow$ Mehrfingergreifer) und Anpassung an die Werkstücklage und -form.

Universalroboter: Bezeichnung für einen IR mit einer nichtveränderbaren Ausführung des Führunggetriebes und einer Beweglichkeit, die eine Nutzung bei sehr unterschiedlichen Arbeitsaufgaben ermöglicht. U. werden oft auch als Roboter in Kompaktbauweise bezeichnet. Die vielfältige Verwendbarkeit sichert den Herstellern dieser Roboter akzeptable Stückzahlen. Nicht ausgenutzte Universalität kann ökonomische Nachteile haben. Vgl. Industrieroboter, prozeßflexibler.

Unordnungsgrad: Kennzahl, die angibt, wieviel translatorische und bzw. oder rotatorische Bewegungen max. an einem HHO auszuführen sind, damit dieses eine bestimmte Lage und bzw. oder Richtung einnimmt. Er hängt davon ab, ob sich die HHO in einer Rinne, auf einer Ebene oder im Raum befinden und wieviel ausgezeichnete geometrische Achsen und bzw. oder unterschiedliche gegenüberliegende Seitenflächen am HHO vorhanden sind. Der U. berechnet sich aus Ordnungsschwierigkeit plus Werkstückverteilung, die 3 (Haufwerk), 2 (Einzelschicht), 1 (Linie) und 0 (Strang) sein kann.

Unterdruckgreifer: Greifer, der ein HHO dadurch hält, daß in einem Raum zwischen Objekt und Greifer ein Unterdruck gegenüber dem äußeren Luftdruck herrscht. Beträgt die Druckdifferenz Δp , so wird die Haltekraft bei einer pneumatisch wirksamen Greiferfläche A_g $F_g = \Delta p \cdot A_g$. Der Unterdruck kann nach dem Saugprinzip durch Evakuierung des Unterdruckraums auf den gewünschten Differenzdruck gebracht werden (Saugergreifer), durch Aufpressen eines Haftsaugers auf die Werkstückoberfläche oder durch eine Venturidüse (Venturisauger). Beim Druckprinzip nach dem sogenannten „aerostatischen Paradoxon“ entsteht ein Unterdruck durch ausströmende Druckluft. Der Luftstrom muß während des gesamten Handbevorgangs aufrechterhalten werden, wenn nicht andere Lagesicherungen vorgesehen werden. Abb. S. 364.

Unterprogramm: in sich abgeschlossener Programmteil, der in einem übergeordneten Programm zweckmäßig mehrfach verwendet wird. Das U. wird durch Aufrufbefehle gestartet. Nach Abarbeitung des U. wird in das überge-



Schnitt durch einen Unterdruckgreifer, der nach dem aerostatischen Paradoxon arbeitet

ordnete Programm zurückgekehrt. U. können auch geschachtelt angewendet werden. Als Vorteil verringert sich die Programmlänge physisch, und damit ergibt sich eine optimale Nutzung der Programmspeicherkapazität. Bei $\nearrow$ NC-Kodes wird als U.anfangskennzeichen der Buchstabe *L* verwendet.

Unterwassermanipulator: Synchronmanipulator, der als Außenbordgerät an Tauchbooten angebracht ist und dazu dient, Objekte vom Meeresboden aufzunehmen oder Werkzeuge, z. B. Schere, Bolzenschußgerät, Bohrer, nach Sicht zu handhaben. Vgl. Tauchbootmanipulator.

Unterwasserroboter: Roboter, der für den Unterwasser- bzw. Tiefseeinsatz konzipiert wurde. Er kann sich auf Raupenfahrwerken oder Beinen am Meeresgrund bewegen und hat wenigstens einen Manipulator, mit dem er Objekte oder Werkzeuge ferngesteuert handhaben kann. Mitunter werden auch Tauchboote mit angebautem Manipulator als U. bezeichnet. Vgl. Tauchbootmanipulator.

UPN [Abk. für *umgekehrte polnische Notation*]: Verfahren zur Darstellung von arithmetischen und booleschen Ausdrücken, das für eine rechnerinterne Verarbeitung besonders geeignet ist. Zum Beispiel steht anstelle von $A = (C + 5)/B$ nach UPN $C5 + B/ = A$.

URI [Abk. für *University Rhode Island*]: Programmiersprache für IR. Sie hat eine einfache Struktur und wird on-line im Steuerrechner übersetzt. Die Positionssollwerte gibt der Programmierer durch eine optische Folgeprogrammierung ein. Hierzu wird ein Lichtgriffel zu den Arbeitspunkten geführt, und die Positionen werden optisch-elektronisch registriert.

Ursalog $\nearrow$ Ursamat-System.

Ursamat-System: Handelsname für ein universelles umfassendes Bausteinsystem der DDR zur Informationsgewinnung (*Ursakont*) sowie zur Informationsverarbeitung und -übertragung (*Ursatron*). Elektrisch-digitale Bau-

steine und Funktionseinheiten werden mit der Bezeichnung *Ursalog* belegt, Einrichtungen zur Meßwertverarbeitung mit *Ursadat*. Zum U. gehören auch verbindungsprogrammierbare (Ursalog 4000) und speicherprogrammierbare Steuerungen (Ursalog 5010 und 5020), die auch zur Steuerung von Handhabeinrichtungen verwendet werden können.

UTD [engl.]: Abk. für *universal transfer device*.

V

Vakuumgranulatgreifer: Greifer mit Abformbacken, die aus einem flexiblen, plastgranulatgefüllten Beutel bestehen. Beim Abnehmen der Form wird Vakuum angelegt, so daß ein fester, die Form bewahrender Backen entsteht. Wird das Vakuum abgeschaltet, zerfällt die Form wieder.

Vakuumroboter, *Vakuummanipulator*: Kleinroboter, der für einen Einsatz im Hochvakuum geeignet ist und aus Gründen der Reinhaltung von Vakuumkammern, z. B. bei der Herstellung mikroelektronischer Schaltkreise, nur wenig Metall, aus dem sich Gase verflüchtigen können, enthält und bei dem auf Gelenke mit Reibpaarungen wegen des Abriebs verzichtet wurde. V. sind deshalb gelenklos. Die erforderlichen Bewegungen werden z. B. mit elastischen pneumatischen Federn nach dem Prinzip des *Bourdon-Rohrs* erzeugt. Die mit Druckluft beaufschlagten Elemente (Röhren) haben eine Wanddicke von 0,15 bis 0,25 mm. Die V. sind für das Greifen, Heben und Umladen von Werkstücken geeignet. Das Öffnen und Schließen der Greifelemente erfolgt schnell und lautlos. Die Handhabemasse beträgt einige Milligramm bis zu etwa 50 g.

Vakuumwächter: Geber, der an IR mit $\nearrow$ Saugergreifern eingesetzt wird. Der Arm des IR hebt erst dann ab, wenn durch Druckabfall, den der V. feststellt, die Erfolgsbestätigung rückgemeldet wird, daß das Werkstück am Saugnapf haftet. Vgl. Druckwächter.

VAL [engl., Abk. für *variable language*]: von der US-amerikanischen Firma Unimation 1977 entwickelte universelle Programmiersprache für Roboter mit relativ einfacher Syntax.

Beispiele für Anweisungen: SPEED 50 (Geschwindigkeit im nächsten Schritt 50%); DEPART 3 (gehe 3" in Richtung des Roboterarms); OPEN 2,5 (Greifer um 2,5" geöffnet); MOVE PLACE (gehe direkt zum Punkt „Ablegen“). Tab. S. 366.

Variable: allgemeine Bezeichnung für eine Größe, deren Wert veränderlich ist. In der Prozeßsteuerungstechnik werden V. auch zur Beschreibung des Zusammenhangs definierter Befehlsinstruktionen (für die Erstellung von Handhabeprogrammen oder PMC-Programmen) zu den Anschlußbelegungen von Ein- und Ausgabeinformationen (*Hardware-V.*) bzw. zu den Speicherplätzen definierter Merkbits verwendet (*Software-V.*). Vgl. Flexibilität, Generieren.

Programmbeispiel der Programmiersprache VAL

1.	SETI	N.PARTS = 0
2.	100 VPICTURE	
3.	VLOCATE	PART, 100
4.	APPRO	CAMERA: PART: PICK. UP, 50.
5.	MOVES	CAMERA: PART: PICK. UP
6.	GRASP	25.
7.	DEPART\	50.
8.	APPRO	PALLET, 50
9.	MOVES	PALLET
10.	OPENI	
11.	DEPART	100.
12.	SHIFT	PALLET BY 5.2, 25. 4.0
13.	SETI	N.PARTS = N.PARTS + 1
14.	IF	N.PARTS NE 10 THEN 100
15.	STOP	TASK TERMINATION

Vaucanson, Jacques de: französischer Mechaniker und Automatenbauer, 1709 als Sohn wohlhabender Handwerksleute in Grenoble geboren. Die berühmtesten von ihm hergestellten Androiden waren der „Flötenspieler“ (1738), der „Tamburinspieler“ (1738) und eine „Frau mit Leier“. Sehr bekannt wurde auch seine künstliche Ente. Der Flötenspieler war mit Sockel 1,65 m hoch. Er spielte 12 verschiedene Weisen. Die Töne wurden durch Blasen in das Instrument, Veränderung der Lippen, der Zunge und der Finger erzeugt. Die Automaten von V. erregten großes Aufsehen und wurden von der Académie Royale des Sciences, deren Mitglied er 1748 selbst wurde, ausgezeichnet. V. wurde auch zum Inspektor der staatlichen Seidenmanufaktur ernannt. Er erfand verschiedene arbeitssparende Maschinen, z. B. automatische Webstühle, kam dadurch aber mit den Arbeitern in Konflikt, die um ihre Arbeitsplätze bangten. Seine Uhren- und Automaten-sammlung vermachte er dem französischen Staat. Sie bildete nach seinem Tod 1782 den Grundstock des heutigen Pariser Musée National des Techniques.

Venturisauger: Unterdruckgreifer, bei dem die Saugluft nicht von einer Vakuumpumpe erzeugt und über ein Wegeventil zugeschaltet wird, sondern durch das Einschalten einer Düse spezieller Form, der *Venturidüse*. Diese ist ein kegelig eingeschnürtes Rohr. Die Strömung darin erreicht am engsten Querschnitt ihre höchste Geschwindigkeit und den niedrigsten Druck. Wird vom Drosselabschnitt ein Rohr abzweigend, dann fällt darin der Druck unter den atmosphärischen Druck, z. B. auf 75000 Pa bei einem Versorgungsdruck von 35000 Pa. Mehr als 2 Saugteller sollten nicht an eine Venturidüse angeschlossen werden.

Verbundgreifer: Mehrfachgreifer, der mehrere gleiche oder verschiedenartige Werkstücke gleichzeitig aufnimmt, z. B. der Doppelgreifer. Der V. dient zum Senken der Handhabezeiten beim Werkstückwechsel.

Vereinbarung: Herstellung einer Zuordnung zwischen Inhalt, z. B. eines Speicherbereichs, und dessen Bedeutung beim Programmieren. Durch die V. wird z. B. festgelegt, ob eine Zahl als ganze Zahl, in Gleitkommadarstellung, als Datenblock u. a. bei der Abarbeitung des Programms zu interpretieren ist.

Vereinzeln ↗ Zuteilen.

Verfahreinheit: bewegbarer Unterbau mit Eigenantrieb, auf dem ein IR gewöhnlich größere Verfahrswege zurücklegen kann. Üblich sind flurgebundene Schienensysteme, wobei das Antriebsaggregat der V. mitgeführt wird. Mitunter werden V.en auch in Überfluranordnung vorgesehen. Eine Bauform für sehr begrenzte Verfahrswege ist der Schiebe- oder Kreuzschiebetisch.

Verfahrensroboter: Roboter, der technologische Verfahren, wie Farbspritzen, Schweißen, Entgraten, Schleifen oder Prüfen, mittels Prüfmittel ausführen kann.

Verfahrgeschwindigkeit: Geschwindigkeit eines Punktes des Arbeitsorgans eines IR in Richtung einer Bewegungsachse. Durch Anlauf- und Bremsvorgänge bedingt, wird die max. zulässige V. nur erreicht, wenn größere Verfahrswege zurückgelegt werden. Im Einrichtebetrieb verfahren alle Achsen mit wesentlich geringerer V., z. B. 25% der max. V. Die V.en in der Waagerechten liegen zwischen 0,5 bis 1,5 m/s und in der Senkrechten zwischen 0,2 bis 0,5 m/s. Drehbewegungen erreichen um die Hauptachse 30 bis 60°/s und um Nebenachsen 90 bis 120°/s. Abb.

Verfahrweg: Bereich zwischen Anfangs- und Endposition einer Schubachse. V. und Verfahrwinkel ergeben zusammen den Arbeitsraum des IR. Der programmierbare V. gibt an, wie groß der V. einer Bewegungsachse bei gegebener Wegauflösung aus der Sicht der Weginformationsbereitstellung sein darf. Abb.

Verfahrweg nach Not-Aus: Strecke, die der Endpunkt des Führungsgetriebes eines IR bei Nennlast vom Zeitpunkt der Not-Aus-Betätigung bei max. Verfahrgeschwindigkeit bis zum Stillstand noch zurücklegt.

Verfahrwinkel, Drehwinkel: Bereich zwischen Anfangs- und Endposition der Drehachse eines IR. Der programmierbare V. gibt an, wie groß der V. einer Bewegungsachse bei gegebener Winkelauflösung aus der Sicht der Weginformationsbereitstellung sein darf.

Verfahrzeit: Zeit, die ein IR benötigt, um einen Arbeitszyklus oder Teile davon in min. Taktzeit zu durchfahren.

Verformungskörper, Meßfeder: geometrischer Körper, der zur Umwandlung einer einwirkenden Kraft oder eines einwirkenden Moments in Dehnungen oder Längenänderungen dient. Der V. ist als Wandler der Kern eines ↗ Kraftsensors. Die Umwandlungsfunktion soll möglichst linear, reproduzierbar und zeitunabhängig sein. Die Grundeigenschaften elastischer Materialien für V. werden den aus Festigkeitsversuchen gewonnenen Spannungs-Dehnungs-Diagrammen entnommen, wobei der Elastizitätsmodul E , die Proportionalitätsgrenze σ_p , die Querkontraktionszahl ν , der Schubmodul G , der lineare Wärmeausdehnungskoeffizient und der Temperaturkoeffizient des Elastizitätsmoduls α_E Hauptkenngrößen sind.

Verfügbarkeit: Wahrscheinlichkeit dafür, daß sich ein System im Augenblick der Betrachtung in einem funktionsfähigen Zustand befindet. Der Mittelwert der technischen V. ergibt sich als $\bar{V} = \bar{T}_A / (\bar{T}_A + \bar{T}_R)$, wobei $\bar{T}_A$ = arithmetischer Mittelwert der Betriebsdauern zwischen technischen Störungen (MTBF); $\bar{T}_R$ = arithmetischer Mittelwert der Instandsetzungsdauern bei technischen Störungen (MTTR) ist. Die V. sollte für einen IR mindestens 97% betragen.

Vergleicher: wichtige Bestandteile einer IR-Steuerung, die schaltungs- oder programmtechnisch realisiert sein können. Ihre Funktion besteht im Vergleich einer Soll- mit einer Istgröße. Bei Übereinstimmung erfolgt eine Auslösung von Reaktionen. Vgl. Koinzidenz.

Verkettung, Maschinenverkettung, Reihenverkettung: Verbindung automatisierter Arbeitsmittel zu Arbeitslinien mit Hilfe technischer Einrichtungen zur Erzielung eines selbsttätigen Werkstückflusses und durch Verknüpfung von Teilen der Steuerung der Arbeitsmittel.

V.en lassen sich nach verschiedenen Gesichtspunkten unterscheiden: nach der Grundstruktur des Werkstückflusses in Linien-, Netz- und Schleifenstruktur; nach der Art der Steuerung bzw. Regelung und der zeitlichen Abhängigkeit der Fertigungseinrichtungen in lose, kombinierte und feste V.; nach der räumlichen Anordnung der Werkstückflußeinrichtungen zu den Fertigungseinrichtungen in Innen- und Außen-V. sowie nach der zeitlichen Folge der Fertigungsaufgaben in Reihen-, Parallel- und Reihenparallel-V.

Verkettungseinrichtungen: Gesamtheit der Einrichtungen, die zum Aufbau eines Maschinensystems benötigt werden und deren überwiegender Teil solche zur Werkstückhandhabung sind. Außerdem gehört die Verknüpfung des Informations- und Energieflusses dazu. Der automatisierte Werkstückfluß kann auch von IR übernommen werden.

Verlustleistung: Anteil an der primär aufgenommenen Gesamtleistung, der nicht in mechanische Wirkleistung umgesetzt wird. Die V. setzt sich aus der Leerlaufleistung und den Reibungsverlusten, die an den Gelenken und Führungen eines IR auftreten, zusammen.

Verriegelung, Verriegeln: 1. Beeinflussung eines gesteuerten Ablaufs derart, daß das Einleiten oder Aufheben eines definierten Zustands bei einem gesteuerten Objekt abhängig ist von Steuerinformationen aus diesem Objekt selbst oder aus anderen Objekten.

Beispiel 1: Ein neuer Schritt wird erst dann gestartet, wenn alle Befehle des aktuellen Programmschrittes ausgeführt und quittiert worden sind; z. B. wird der Befehl „Greifer öffnen“ erst dann von der IR-Steuerung ausgegeben, wenn die Information „Spannfutter geschlossen“ an die Steuerung gemeldet wurde.

Beispiel 2: Die Steuerspannung einer IR-Steuerung ist nur einschaltbar, wenn die Einschalt diagnose Fehlerfreiheit festgestellt hat, die Überwachung der Stromversorgung keinen Fehler signalisiert und kein Not-Aus vorliegt. Vgl. Ablaufsteuerung, Haltbefehl. –

2. Sicherheitstechnisches Mittel, das die zwangsläufige, d. h. willensunabhängige, Wirksamkeit einer Maßnahme zum Schutz des Menschen und bzw. oder Sachwerten vor Gefährdung, Beschädigung oder Zerstörung sichert.

Beispiel: Unterbrechung des automatischen Arbeitsablaufs eines IR (Stillsetzen der Bewegungseinheiten), wenn die Tür in einer Umzäunung des IR-Arbeitsplatzes geöffnet wird.

Verstellbereich: zulässiger Bereich, innerhalb dessen der Antrieb des ↗ Wegmeßsystems, gerechnet gegen eine Bezugslage, mechanisch verstellt werden kann.

Vertakteinrichtung: periphere Einrichtung zum taktweisen Bewegen von Werkstückspeichern (Magazin) gegenüber einer Fertigungseinrichtung oder einem Handhabesystem. Die V. hat die Aufgabe, den Speicher so bereitzustellen, daß ein Zeilenweises Abarbeiten durch eine Handhabeinrichtung möglich ist, wobei die Taktfrequenz nicht mit dem Maschinentakt übereinstimmen muß. Oft wird auch das Umstapeln der Magazinpaletten vom Roh- teil- zum Fertigteilstapel mit ausgeführt. Vgl. Kreuzschiebetisch, Paletten- takteinrichtung, Schiebetisch.

Vertikaleinheit ↗ Hubeinheit.

Verweilzeit, Zeitglied, Zeistufe: Zeit von festeingestellter oder programmier- barer Dauer, die durch das Programm, z. B. Handhabeprogramm, gerufen wird. Sie ist notwendig, wenn ein gesteuerter Prozeßablauf für eine be- stimmte Dauer z. B. unterbrochen werden muß, damit sich Bewegungsor- gane beruhigen oder Werkzeuge abkühlen können. Nach Ablauf der V. wird die Programmabarbeitung automatisch fortgesetzt.

Verzweigung, Programmverzweigung: Darstellungselement eines Programm- ablaufs zur Auswahl der Programmfortsetzung bei mehreren Möglichkeiten. Die Kodierung verlangt die Angabe der Bedingung für die Auswahl der konkreten Fortsetzung. Vgl. Sprungbefehl.

Vibrator, Vibrationswendelförderer, Schwingtopf: Schwingförderer, der Werk- stücke durch Mikrowurfbewegungen auf geraden Rinnen oder Wendelbah- nen vorwärts bewegt. Die Schwingbewegungen werden durch Unwuchtan- triebe, häufiger aber durch elektromagnetische Antriebe bewirkt. Während der Bewegung der Werkstücke kann das Ordnen erfolgen. Besonders beim Handhaben kleiner Teile sind V.en unentbehrlicher Bestandteil der ↗ Peri- pherie eines IR geworden.

Videosensor ↗ Fernsensensor.

Vidikonröhre, Vidikon, Endikon: Bildaufnahmeröhre, mit der ein elektroni- sches Abbild eines optischen Originals erzeugt werden kann, indem ein Elektronenstrahl eine lichtempfindliche Halbleiterschicht (*Speicherschicht*) mit vorgesetzter dünner, lichtdurchlässiger, leitfähiger Signalplatte abtastet. Durch Belichtung verlorengegangene Ladungsmengen werden durch den Elektronenstrahl für jedes Bildelement ersetzt. Dieser Aufladestrom, der an der Kontaktelektrode abgenommen wird, bildet dann das Bildsignal.

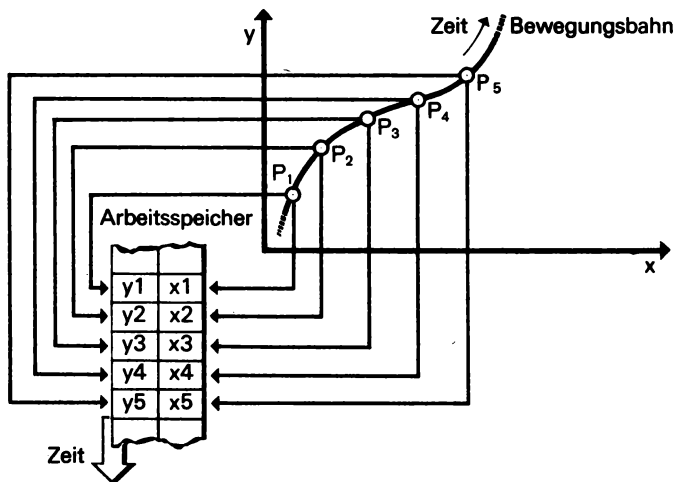
Vielfachkonturverfahren: Verfahren zur Erkennung räumlicher Objekte, bei dem durch Korrelation zweier stereoskopischer Fernsehbilder iterativ ein formschreibendes Netz über das Objekt „gelegt“ und ausgewertet wird. Ent- wicklungen dazu wurden z. B. in der UdSSR und in Großbritannien betrie- ben.

Vielfaltspeicherung: Speichern verschiedener Werkstückarten auf einer Speicherfläche. Die V. wird angewendet, wenn z. B. alle für eine Montage-

baugruppe benötigten Teile mit einem Werkstückspeicher angeliefert werden sollen.

Vielfingergreifer: Sonderform eines mechanischen Fingergreifers, bei dem 4 kammartige Fingerreihen durch Motoren um ihre Achsen gedreht werden. Die geraden und starren Finger folgen dem Antrieb bis zur Anlage am Handhabeobjekt und rutschen dann auf ihre Achsen. Die Greifkraft wird reihenweise über Sensoren gesteuert.

Vielpunktsteuerung, MP, Multipunktsteuerung: häufig verwendete Bezeichnung für eine Steuerung, deren zugehöriger IR im direkten Teach-in programmiert, d. h. die Bewegungsbahn als „dichte Punktfolge“ beim Programmierlauf gespeichert wird. Im Automatikbetrieb werden diese in Roboterkoordinaten vorliegenden Raumpunkte dicht als Sollwerte (*Führungsgrößen*) der $\nearrow$ Bewegungssteuerung zugeführt. Eine Interpolation erfolgt nur in den Ausnahmefällen, wo aus Gründen einer langen Programmierlaufzeit die $\nearrow$ Positionsabfragefrequenz gering gewählt werden muß. Die V. wird häufig neben der *Punktsteuerung* und *Bahnsteuerung* als weitere Steuerungsart genannt. Sie ist aber aus anwendungsorientierter Sicht eine Bahnsteuerung. Abb.



Speichern von Bahnpunkten bei der Vielpunktsteuerung

Vielzweckgreifer $\nearrow$ Mehrfingergreifer.

Vierquadrantendiode: positionsempfindlicher, analog arbeitender optischer Sensor, der z. B. zur Lageerkennung einfacher Teile dient und bei dem mehrere Fotodioden auf einem Halbleitersubstrat untergebracht sind. Die lichtempfindlichen Felder sind durch 10 bis 50 μm breite Stege voneinander getrennt. Abb.

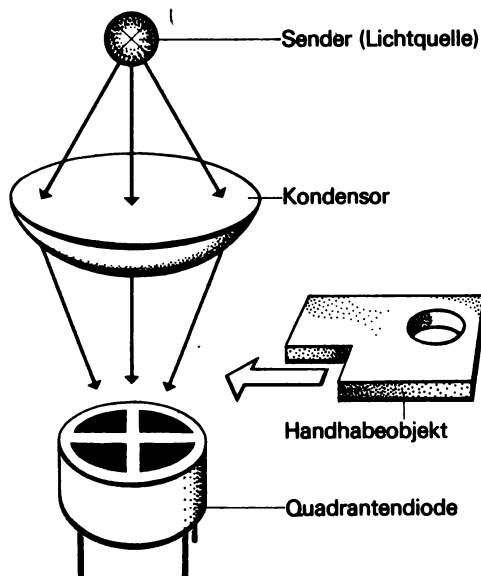
Vierwegepalette: Palette, deren Füße oder Klötze das Einführen der Gabel eines Gabelstaplers von 4 Seiten aus gestatten.

Viking: Raumsonden der USA (1975 gestartet; 1976 gelandet), die den Mars nach organischer Materie untersuchten und dazu über roboterähnliche Funktionen verfügten. Das Beschicken des Analyseautomaten mit Bodenproben erfolgte mit einem Beschickungsroboter in Miniaturausführung. Die automatisch ablaufenden Experimente Pyrolyse mit C-14-Kohlenstoff, Nährlösungsversuch mit radioaktivem Kohlenstoff und Nährlösungsversuche mit Analyse des Gasaustauschs erbrachten jedoch keine Hinweise auf das Vorhandensein von Leben, auch nicht in primitiven Formen.

VLSI [engl., Abk. für *very large scale integration*]: Bezeichnung für einen sehr hoch integrierten Schaltkreis, der bis 10^5 Funktionseinheiten oder 10^4 Gatterfunktionen je Chip enthält. Bei mehr als 10^5 Funktionseinheiten wird der Integrationsgrad mit VVLSI (very VLSI) bezeichnet.

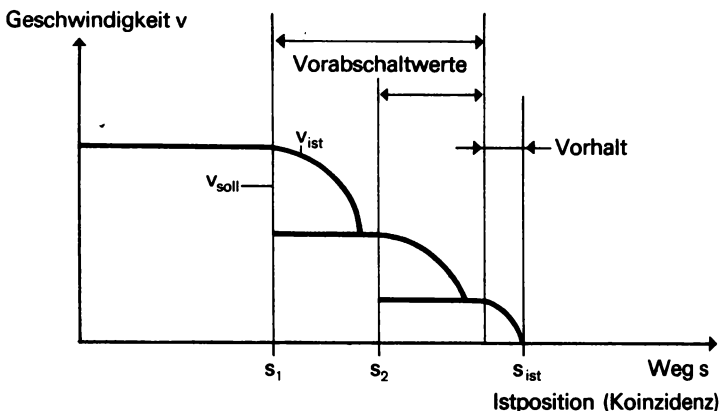
Vorabschaltlogik: Logikglieder, die für den Ablauf der Vorabschaltung verantwortlich sind, insbesondere für die Errechnung der Positionssollwerte, bei denen die Vorabschaltung stattfinden muß.

Vorabschaltpunkt: Weg- oder Winkelposition, bei der die Verfahrensgeschwindigkeit eines IR auf eine niedrigere Geschwindigkeit geschaltet wird, z. B. von Eilgang- auf Schleichganggeschwindigkeit.



Anwendung einer Vierquadrantendiode zur Werkstücklagererkennung

Vorabschaltung: in einer oder in mehreren Stufen kurz vor Erreichen des Positionssollwerts vorgenommene stufenweise Herabsetzung des Geschwindigkeitssollwerts bei Abschaltkreisen. Die V. dient der Vermeidung eines unzulässigen Überlaufs der Istposition über die Sollposition hinaus sowie zur Vermeidung zu hoher dynamischer Beanspruchungen der Bewegungs-



Geschwindigkeits-Weg-Diagramm am Beispiel einer zweistufigen Vorabschaltung; v_{soll} Sollgeschwindigkeit, v_{ist} Istgeschwindigkeit, s_1 , s_2 Vorabschaltpunkte

einheit. Eine V. verlängert die Positionierdauer gegenüber einer Abschaltung ohne V. Vgl. Vorabschaltlogik, Vorabschaltpunkt, Vorhaltbereich. Abb.

Vorabschaltwert: Bezeichnung für einen Weg- oder Winkelwert, der, abhängig von der Fahrtrichtung zum Sollwert addiert oder davon subtrahiert, den ↗ Vorabschaltpunkt ergibt. V. können fest eingestellt oder programmierbar sein.

Vordeponierplatz ↗ Hilfspeicherplatz.

Vorhaltbereich: Weg bzw. Winkel, um den ein bei Abschaltkreisen programmierter Weg- bzw. Winkelsollwert korrigiert (addiert oder subtrahiert) werden muß, damit der durch Trägheitswirkung des Bewegungssystems bedingte Positionierfehler nach dem Abschalten des Antriebs kompensiert wird. Eine Werteingabe für den V. wird zweckmäßig mittels Bedienelementen an der Steuerung realisiert. Bei im Teach-in-Verfahren programmierten IR besitzt der V. nicht die Bedeutung wie z. B. bei Werkzeugmaschinen, da durch das Vollziehen von Bewegungen während der Programmierung und die Speicherung von Istwerten der Nachlauf der Bewegungseinheit nur bedingt, d. h. bei großer Geschwindigkeitsdifferenz im Programmier- und Automatikbetrieb, sich als Fehler auswirken kann.

Vorzugs-lage: diejenige stabile Lage, die ein HHO aufgrund seiner Geometrie und Schwerpunkt-lage vorzugsweise auf einer Fläche (ebene Fläche, Winkelrinne o. ä.) einnimmt. Die V. wird näherungsweise durch Fallversuche oder Förderversuche, z. B. in einem ↗ Vibrator, ermittelt.

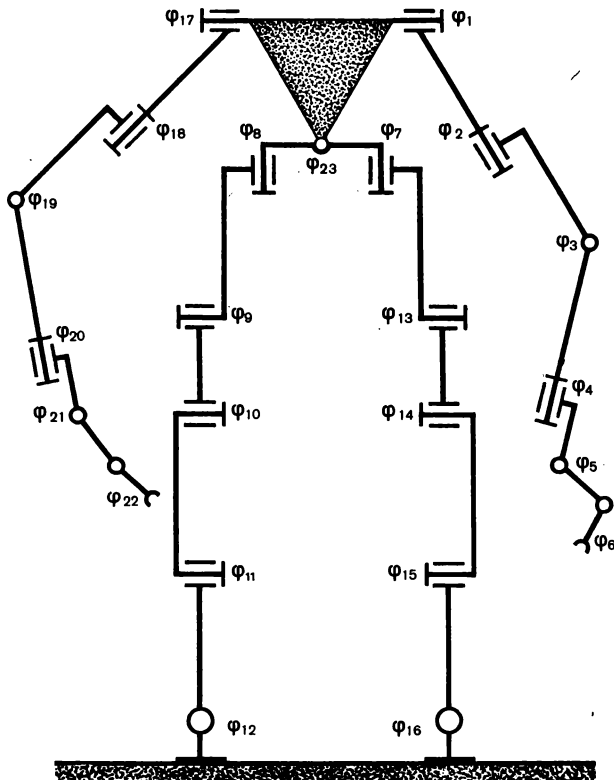
VPS: Abk. für verbindungsprogrammierte Steuerung. ↗ Steuerung, verbindungsprogrammierte.

W

WABOT [Abk. für *Waseda Robot*]: Bezeichnung für einen japanischen Schreitroboter für Versuchszwecke, der von der Waseda Universität entwickelt wurde. Der W. besitzt 23 *Gelenke* und ist befähigt, mit beiden Händen bestimmte Arbeiten auszuführen, verschiedene Gangarten einzuschlagen, den Körper zu bewegen und anderes mehr. Abb.

wahlfrei: Bezeichnung für die Eigenschaft, daß z. B. die Bedeutung eines Signals, das an einen ganz bestimmten Anschlußkontakt der IR-Steuerung angeschlossen wird, vom Anwender beliebig, d. h. nach den speziellen Erfordernissen seines technologischen Prozesses, festgelegt werden kann. Vgl. **Prozeßkommunikation**.

Wahrnehmungsmotorik: Kennzeichnung der Mittel zur Aufnahme eines



Kinematischer Aufbau des Schreitroboters WABOT

unmittelbaren sinnlichen Gesamtbilds eines Objekts und die Kommunikation mit der Umwelt, wobei die Fähigkeit der Selbstbewegung durch motorische Akte besteht. In der Handhabetechnik wird allgemein das technische Sehen und Tasten mit W. bezeichnet.

walking truck [engl.]: Schreitmaschine, „gehender“ Lastwagen. Er wurde 1958 im Auftrag der General Electric Company von *Ralph S. Mosher* konstruiert. Der vierbeinige ↗ Pedipulator wurde hydraulisch angetrieben und von einem im Innern der Maschine befindlichen ↗ Operateur mit einem ↗ Außenskelett gesteuert. Technische Daten: Höhe 3 m, Länge 3 m, Beinlänge 1,8 m, Tragfähigkeit 2,5 dt, Geschwindigkeit 8 km/h. Abb.

walk-through programming [engl.] ↗ Teach-in-Programmierung, direkte.

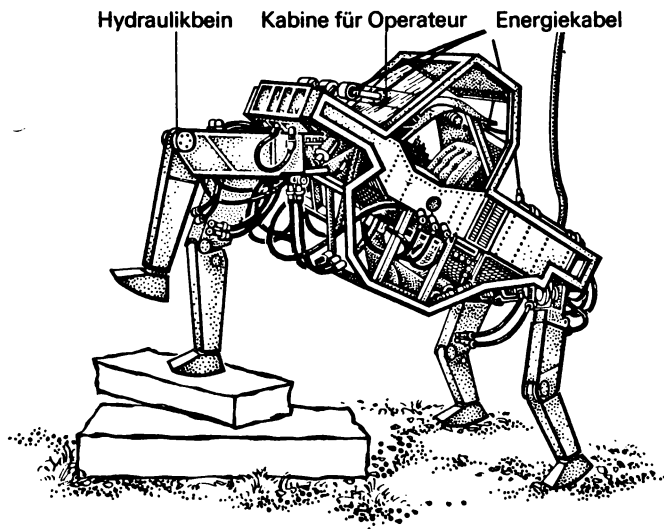
Wälzelement ↗ Rollenumlaufschuh.

Walzenrollenbahn: Rollförderer mit Rollen, deren Durchmesser kleiner als deren Länge ist. Die Rollen können zylindrisch, kegelig oder anderweitig geformt sowie mit und ohne Spurkranz sein.

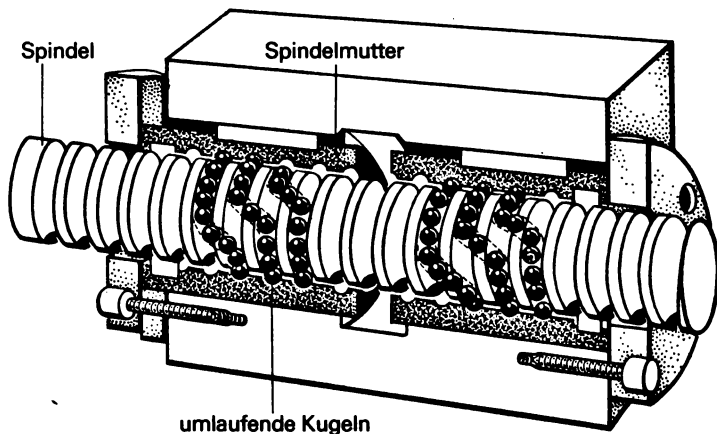
Walzenvorschubeinrichtung: Handhabeinrichtung für Band, bei der der Vorschub durch Walzen, die sich periodisch drehen, bewirkt wird. Der Werkstoff wird somit durch rollende Reibung vorwärts bewegt. Der Antrieb kann von der Kurbelwelle einer Exzenterpresse, vom Werkzeug aus oder mit einem Elektromotor erfolgen.

Wälzföhrung: Föhrung, bei der im Gegensatz zu Gleitföhrungen zur Senkung der Reibwerte Wälzelemente eingesetzt wurden.

Wälzschraubgetriebe, Kugelschraubtrieb: Schraubengetriebe, bei dem die Spindel und Mutter über Wälzkörper gekoppelt sind. Bei der Kugelspindel



Hydraulischer Schreitlastwagen



Schnitt durch einen Wälzschraubtrieb

(Kugelrollspindel) erfolgt die Kopplung mit der Mutter über Kugeln, die über Kanäle in der Mutter rückgeführt werden. Abb.

WAM-7R [Abk. für *Waseda Automatic Manipulator*]: japanischer Roboter mit anthropomorphem Aufbau, dessen Gesamtsystem aus 2 Armen mit fünffingrigen Händen ($\nearrow$ Waseda-Automatic-Manipulator No. 7), 2 Beinen, Rumpf und Kopf (Fernsehkamera) besteht und eine Orgel mit Klaviatur und Fußpedalen bedienen kann. Er hat den Freiheitsgrad 50, 2 im Daumen, je 3 in den anderen Fingern, 7 in Arm und 4 in Bein und Fuß. Das Steuerungskonzept ist angelehnt an die Struktur des menschlichen zentralen Nervensystems und hierarchisch strukturiert in Assoziationsbereich, motorischen sowie Rückenmarksbereich, was sich auch in der Steuerung widerspiegelt. Als max. Tastfrequenz erreicht der 1,80 m große und 90 kg schwere Roboter 10 Hz, so daß auch eine 1/16'-Note wiedergegeben werden kann.

Beim Orgelspiel benutzt der Roboter 2 Hände und 2 Füße. Er kann vorher eingespeicherte Musikprogramme spielen, Noten lesen und auch nach Befehlen eines Operators spielen. Mit der am Kopf installierten CCD-Kamera kann die Partitur aus etwa 1 m Entfernung gelesen und in 20 bis 30 s verarbeitet werden. Für die Datenübertragung wurden insgesamt 13 Lichtleiter verwendet. Für wichtige Teile des Robotergrundkörpers wurden Kohlenfaserwerkstoffe verwendet.

In der Steuerung sind 17 Prozessoren (16 Bit) und 50 Prozessoren (8 Bit) eingesetzt und waren über Lichtleiter miteinander verbunden. Die max. Datenübertragungsgeschwindigkeit liegt bei 32 Mbit/s.

Wandler: Funktionseinheit, die ein Eingangssignal in ein Ausgangssignal wandelt, wobei Ein- und Ausgangssignal unterschiedliche Arten des Signalträgers und des Informationsparameters besitzen können. Ein W. heißt *Um-*

former, wenn er ein analoges Glied ist, und *Umsetzer*, wenn er ein digitales Glied ist. Vgl. Digital-Analog Wandler, Analog-Digital Wandler.

Wandmanipulator: ständerlose Bauform für einen IR oder Manipulator, der für eine Wandbefestigung vorgesehen wurde.

Wärmefeldmeßgerät: Gerät zum Messen und Überwachen der Temperaturverteilung beim Schweißprozeß. Mit einer Fernsehkamera wird der Schweißprozeß direkt beobachtet. Die Temperatur der Isothermen wird digital angezeigt. Eine von 2 Isothermen begrenzte Fläche kann vermessen und mit einem Sollwert verglichen werden. Bei Nichteinhaltung des Sollwerts können Schaltvorgänge ausgelöst werden.

Wärmestrahlungskamera: Kamera zur Aufnahme von Wärmebildern. Die Wärmestrahlung wird von einer Platte aufgenommen, auf der matrixartig $\nearrow$ Pyrosensoren z. B. in der Größe $50 \times 50 \mu\text{m}$ angeordnet sind. Je nach empfangener Wärmestrahlung entstehen an den einzelnen Sensoren elektrische Impulse, die ausgewertet werden und die Darstellung eines unsichtbaren Infrarotbilds ermöglichen.

Warmlaufprogramm, Anfahrprogramm: Bezeichnung für ein Handhabeprogramm, das ausschließlich dazu dient, daß bestimmte Betriebsbedingungen beim IR erreicht werden, z. B. notwendige Öltemperaturen für Hydraulikantriebe. Die Benutzung eines W. ist stets nach längerem vorausgegangenen Stillstand des IR erforderlich. Ein W. sollte möglichst alle Bewegungseinheiten einbeziehen und mit Rücksicht auf Bewegungsräume vom Anwender programmiert werden können. Die Bewegungen sind „Leerbewegungen“, d. h., sie werden ohne zu handhabende Werkstücke ausgeführt. Die Realisierbarkeit des eigentlichen Automatikbetriebes wird mit Bedingungen verriegelt, für die das W. die erforderlichen Werte erzeugen muß.

Wartebefehl: Befehl zum Programmieren einer Verweilzeit (zeitabhängiges Warten) oder einer Haltezeit (zustandsabhängiges Warten bei Verriegelungen) z. B. in einem Handhabeprogramm.

Warteposition: Stelle innerhalb eines Bewegungszyklus, die zur zeitlichen Bewegungssynchronisation mit dem Rhythmus anderer technologischer Ausrüstungen oder peripherer Einrichtungen dient. Vgl. Arbeitsposition, Umlenkposition.

Warteschlange: in der IR-Technik Bezeichnung für das Arbeitsregime eines IR bei Bedienung durch Anforderung, wobei die Aktionen des IR in der zeitlichen Reihenfolge der Anmeldung aus dem Prozeß ablaufen. Die Anmeldungen werden in dieser Reihenfolge in eine Auftragsliste (*Warteliste*) eingetragen. Wenn der IR für eine bestimmte Anmeldung „frei“ ist, startet diese das zugeordnete Programm.

Waseda-Automatic-Manipulator No. 7, Abk. WAM-7: von Prof. *Ichiro Kato* (1983) an der Waseda-Universität in Tokio entwickelter menschenähnlicher Roboterarm mit 14 Bewegungsachsen in seinen 5 Fingern und 7 im Arm. WAM-7 stellt die Nachbildung eines rechten Arms von der Schulter bis zu den Fingerspitzen dar. Von einem zentralen Rechner, der mit Mikrocomputern an allen Fingergelenken verbunden ist, kann die Bewegung des Arms und jedes einzelnen Fingers nach dem eingespeicherten Programm gesteuert werden. Der Daumen der Roboterhand kann in 2 Richtungen be-

wegt werden, die Finger – deren Gelenke aus Kohlenstoffasern bestehen – lassen sich in 3 Richtungen bewegen. Mit max. 10 Anschlägen je Sekunde kann er z. B. computergesteuert eine Orgel spielen. Der Daumen kann sich sogar mit dem Zeigefinger oder mit dem Mittelfinger kreuzen.

Waseda-Leg, Abk. WL 10 R: von der Waseda-Universität in Tokio entwickelter zweibeiniger Laufroboter, der 180 kg wiegt und die Größe eines Menschen hat. Jedes Bein hat 6 Drehgelenke, und an jeder Fußsohle sind 4 Berührungssensoren angebracht. Der Roboter kann vorwärts, rückwärts, seitwärts gehen und sich drehen. Die max. Geschwindigkeit beträgt 1 Schritt in 4,4 s. Das Skelett ist aus Aluminium und kohlenstoffaserverstärktem Kunststoff aufgebaut.

WAVE: eine der ersten, 1974 vom Stanford Artificial Intelligence Laboratory (USA) entwickelten höheren Robotersprachen mit einfacher Syntax und der Möglichkeit der Kraft- und Berührungssteuerung über Sensoren sowie der Verbindung mit externen Sichtsystemen und speziellen Montagebefehlen.

Wave-Generator [engl.]: die mit einem Antrieb verbundenen, sich planetenartig drehenden Rollen in einem Wellgetriebe, deren Aufgabe darin besteht, den flexiblen Zylinder (Flexspline) zu verformen. Vgl. Wellgetriebe.

Wechselflansch: kreisförmige Koppelstelle (Schnittstelle), die dazu dient, einen Greifer mit dem Armstumpf des IR lösbar zu verbinden. Lochbilder, Durchmesser und Koppelstellen für Signal- und Energieleitungen sollten standardisiert sein.

Wechselgreifer: Greifer, der mit einer besonderen Koppelstelle (Schnittstelle) ausgestattet ist, die manuell oder automatisch einen raschen Greiferwechsel gestattet. Der Armstumpf des IR muß einen dementsprechenden Wechselflansch haben. Vollautomatischer Wechsel erfordert eine Greiferwechsleinrichtung. Vgl. Greiferwechselsystem.

Wegauflösung, **Winkelauflösung**: kleinste vom Wegmeßsystem auswertbare Weg- bzw. Winkeländerung einer Bewegungsachse. Der entsprechende Wert wird als ein Weg- bzw. Winkelinkrement bezeichnet. Der quantitative Zusammenhang zum Auflösungsvermögen ist durch das Übersetzungsverhältnis der Maßtransformation und des Übertragungsgetriebes gegeben.

Wegbedingung: Befehlstyp in NC-Sprachen für die Bewegungssteuerung, z. B. Art der Interpolation, Überschießen, Such-Funktionen, Befehle für Koordinatentransformation, Musterfunktion (Palettieren, Stapeln), spezielle Bewegungsabläufe. Als Zeichen werden der Buchstabe G und daran anschließend meist 2 Ziffern verwendet.

Wegeventil: Richtungsventil, das vorwiegend in der Fluidtechnik dazu dient, durch Schalten unterschiedliche Verbindungen der angeschlossenen Wege (Anschlußleitungen für Druckluft oder -flüssigkeit) zu ermöglichen.

Weginformation: Bezeichnung für die Beschreibung von Positionen und Orientierungen (Lagen) bewegter Maschinenteile wie Tische, Manipulatorarme u. a. in einem Programm. Das erfolgt i. allg. durch Weg- bzw. Winkelsollwerte. Zusammen mit den Wegbedingungen und Bewegungsbedingungen ist die Bewegungs-Sollbahn festgelegt. Vgl. Schaltinformation.

Weginkrement [lat.]: Betrag (*Inkrement*), um den eine Weggröße in Quanten zunimmt. Das *Dekrement* ist im Gegensatz dazu der Betrag einer Verminderung und wird z. B. als Maß für die Dämpfung einer Schwingung verwendet. Bei inkrementalen Wegmeßsystemen werden Maßstäbe in schwarzweiße Felder z. B. in Abständen von 0,01 oder 0,001 mm geteilt und der gültige Positionswert wird dann durch Addition der W. vom Nullpunkt aus ermittelt.

Wegkodierer → *Kodelineal*.

Wegmeßsystem, Positioniermeßsystem: Einrichtung zum Erfassen von Weg- und Winkelpositionen bzw. von Verfahrwegen und -winkeln von Bewegungseinheiten. Der Wert des ausgegebenen elektrischen Signals bzw. der Signalfolge ist eine Funktion des Wegs bzw. des Drehwinkels. W. bestehen aus dem entsprechenden Geber, dem im gemeinsamen Gehäuse eine Schaltung zur Signalformung und -verstärkung nachgeordnet sein kann.

W. werden nach dem Meßort in direkt und indirekt (über Getriebe), der Meßwertabnahme in translatorisch und rotatorisch, nach dem Meßverfahren in absolut, zyklisch-absolut und inkremental sowie nach der Meßwerterfassung in digital und analog unterteilt. Die wichtigsten bei IR eingesetzten W.arten sind: Potentiometer, Resolver, Inkrementaldrehgeber, absolute W. als Kodedrehgeber oder Kodelineale, Inductosyne.

Bei Auswahl von W.en für den Einsatz in IR sind folgende Kenngrößen von Bedeutung: Auflösungsvermögen, Wegauflösung, Verstellbereich, Eindeutigkeitsbereich. Tab.

Wegmeßsystem, phasenzyklisches → *phasenzyklisches Meßverfahren*.

Wegmeßsystemankopplung: Art der Verbindung des Meßgebers eines Wegmeßsystems an einen IR mit einer Bewegungsachse. Diese Ankopplung kann direkt erfolgen oder über zwischengeschaltete Übertragungsglieder. Fehler in den Verbindungsgliedern, Spiele, Deformationen u. ä. beeinflussen dann die Positionier- und Wiederholgenauigkeit mehr oder weniger stark. Die indirekte W. kann z. B. über Zahnstange/Ritzel, Zahnriemen/Ritzel, Zahnrad/Ritzel, Spindel/Mutter oder Wellgetriebe erfolgen.

Wegmessung: achsenbezogene Feststellung des durch das Führungsgetriebe zurückgelegten Wegs oder Winkels mit Hilfe eines Wegmeßsystems und Darstellung des Wegs oder Winkels als elektrisches Signal oder als Signalfolge.

Wegrasterinterpolation: Erzeugung einzelner Weginkremente durch einen Interpolator, bei der einzelne Weginkremente, je nach Bahngeometrie und programmierter Bahngeschwindigkeit in unterschiedlichen Zeitabständen ausgegeben werden. Vgl. Zeitrasterinterpolation.

Weg-Schritt-Diagramm, Zyklogramm: Balkendiagramm zur Erleichterung der Programmierung der Bewegungsabläufe eines IR, welches die Bewegungen in allen erforderlichen Bewegungsachsen sowie Öffnen und Schließen des Greifers in technologisch geordneter und zeitlich richtiger Reihenfolge angibt. Es enthält einen vollständigen Arbeitszyklus und gibt auch Aufschluß über den notwendigen Signalaustausch innerhalb der Technologischen Einheit bzw. Fertigungszelle, wie Angabe der Schaltfunktionen „Verdeck auf“, „Spannfutter auf“, „Freispülen des Futters“, „Werkstück

Bewertung von Wegmeßsystemen (nach Sandner)

Wegmeßsystem	Vorteile	Nachteile
Potentiometer	Aufbau und Meßwertabnahme einfach, kleine Abmessungen, billig, kein oder nur geringer Aufwand für Signalformung, Meßverfahren absolut	Verschleiß infolge berührender Meßwertabtastung, störanfällig gegenüber Verschmutzung und Erschütterung, Temperaturschwankungen, Stufigkeit und Linearitätsabweichung beeinflussen Meßwert, Verstellbereich und Auflösungsvermögen begrenzt
Resolver	einfacher, robuster Aufbau, relativ kleine Abmessungen bei getriebeloser Ausführung, wenig störanfällig, weitgehend unempfindlich gegen Umwelteinflüsse	relativ hoher Aufwand für Geberansteuerung und Meßwertaufbereitung (Digitalisierung), geforderte Weg-/Winkelauflösung häufig nur erreichbar durch zyklisch-absolutes Meßverfahren mit Nachteilen inkrementaler Verfahren oder Kopplung mit einem zweiten Geber
Inductosyne	direkte Ankopplung möglich und sehr hohes Auflösungsvermögen realisierbar, wenig störanfällig, weitgehend unempfindlich gegen Umwelteinflüsse	relativ hoher Aufwand für Geberansteuerung und Meßwertaufbereitung (Digitalisierung), wegen kleinem Eindeutigkeitsbereich zyklisch-absolutes Meßverfahren mit Nachteilen inkrementaler Verfahren, Verfahrensgeschwindigkeit begrenzt, relativ teuer
absolute digitale Meßsysteme	Meßverfahren absolut, Meßwertaufbereitung entfällt	Meßwertabtastung relativ kompliziert, große Verfahrswege bzw. Drehwinkel erfordern bei hoher Auflösung relativ große und teure Meßsysteme, Verstellbereich begrenzt
inkrementale Meßsysteme	relativ einfacher Aufbau, kleine Abmessung, Verstellbereich unbegrenzt	Meßwertaufbereitung relativ aufwendig, fotoelektrische Abtastung empfindlich gegenüber Verschmutzung und Erschütterung

andrücken“, „Spannfutter zu“ usw. Die Aufstellung von W. gehört zur Einsatzvorbereitung eines IR.

Wegwerfmanipulator: in der Kerntechnik verwendbarer Manipulator, der möglichst einfach aufgebaut und nicht für eine Instandsetzung vorgesehen

ist. Aufgrund der radioaktiven Verseuchung des W. würde sich die Instandsetzung außerhalb der „heißen Zelle“ zu kompliziert gestalten.

Weitergabeeinrichtung: Handhabeeinrichtung zum Weitergeben von HHO, z. B. Förderbänder, Kettenförderer, Luftgleitrinnen, Bahnen mit Klinkenstange. Oft wird das Weitergeben noch mit anderen Handhabeoperationen, wie Drehen, Schwenken, auch Speichern und Abzweigen, verknüpft.

Weitergeben: Bewegen von HHO zwischen bzw. in technischen Einrichtungen zu einem Folgevorgang. Das W. ist durch eine Ortsveränderung gekennzeichnet.

Weitwinkeligreifer: Greifer, bei dem sich das manuelle Umstellen erübrigt. Sie werden oft als Dreibackengreifer ausgeführt und überstreichen einen sehr großen Spannbereich. Das mittige Schließen der Backen ruft überdies eine zentrierende Wirkung hervor, so daß W. auch ungenau vorliegende HHO gut greifen können.

Wellengetriebe → Wellgetriebe.

Wellenspeicher: aktiver Werkstückspeicher, an dessen auf einem Rundschaltisch stehender Säule Lagesicherungselemente für die Aufnahme von wellenartigen Werkstücken etagenweise angebracht sind.

Wellgetriebe, Harmonic-Drive-Differentialgetriebe, Harmonic-Drive-Getriebe: hochübersetzendes, raumsparendes, geräuscharmes Umlaufrädergetriebe, bei dem ein elastisches außenverzahntes Rad (*Flexspline*) in einen starren innenverzahnten Ring (*Circular Spline*) eingreift. Das elastische Rad wird dabei elliptisch durch den schnell laufenden Wellgenerator (*Wave-Generator-Antrieb*) verformt, so daß an nur 2 Stellen etwa 15% aller Zähne mit dem starren Ring gleichzeitig im Eingriff sind. Durch Zähnezahlnunterschiede kommt eine langsame Abtriebsbewegung am starren oder elastischen Rad zustande, je nachdem, welcher Teil feststeht. Hat die elastische Hülse z. B. 200 Zähne und der innenverzahnte Außenring 202 Zähne, so erhält man in diesem Falle folgendes Übersetzungsverhältnis:

$$(200 - 202)/200 = -1/100.$$

Die „harmonische Welle“ kann auch durch 1 oder 2 umlaufende Rollen anstelle eines elliptischen Kurvenkörpers erzeugt werden. Neben der rein mechanischen Erzeugung der Andruckwelle mit einem Wellgenerator existieren auch Ausführungen mit hydromechanischer oder elektrischer Welle, d. h., das flexible Rad wird durch ein umlaufendes Magnetfeld verformt. Letztere wurden als sogenannte Wälzmotoren unter der Bezeichnung RESPONSYN- oder STEREO-Motoren bekannt. Sie haben jedoch einen schlechten elektrischen Wirkungsgrad.

Um die relativ große Baulänge des elastischen Rads zu verkürzen, wurden W. in Flachbauweise entwickelt (Harmonic-Drive-Differentialgetriebe). Als Verhältnisse von Außendurchmesser d und axialer Baulänge l kann gelten:

Standard-W. $d/l = 1,5$,

Differential-W. $d/l = 2$ bis 3 ,

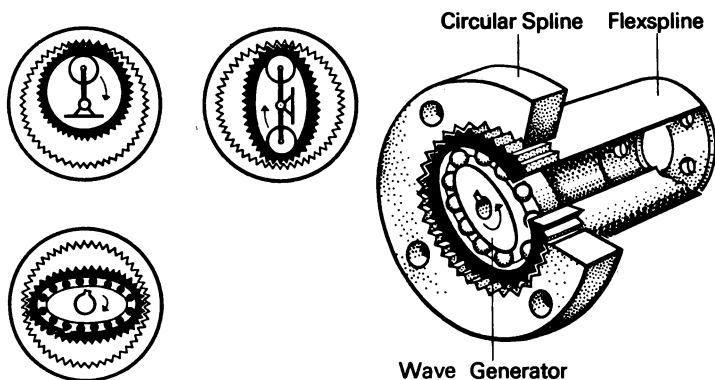
Flach-W. $d/l = 5$.

Das Prinzip des W. wurde z. B. auch für Reibradgetriebe, in Konstruktionen mit Stirnrad- und Kegelradverzahnung sowie als W. mit doppeltem elastischem Umlaufrad angewendet.

Das W. ist besonders gut für IR mit Drehgelenken geeignet und bildet dann mit dem Elektromotor, dem Weg- und Geschwindigkeitsmeßsystem eine Antriebseinheit.

Das Prinzip des W. wurde 1959 von C. W. Musser in der US-Patentschrift Nr. 2906143 niedergelegt. Die Patentschrift trägt den Titel „Zahnradgetriebe unter Verwendung von Verformungswellen“. Bereits 1944 hat A. Moskwitin in der UdSSR ein Patent für einen Elektromotor mit flexiblem Rotor erhalten.

Ein *Harmonic-Drive-Differentialgetriebe* ist ein weiterentwickeltes W. mit verkürzter Baulänge des elastischen Rads („Flachgetriebe“) und einem Aufbau als doppeltes Flachgetriebe. Es enthält 2 Wälzlager nebeneinander und einen zusätzlichen starren Zahnkranz als Kupplung zwischen Abtriebswelle und elastischem Rad. Abb. Tab.



Getriebevarianten und Schnitt durch ein Wellengetriebe

Übersetzungsverhältnisse bei Wellengetrieben

Getriebebauart	Übersetzungsverhältnis i
Standardwellgetriebe, einstufig	20...400
Standardwellgetriebe, zweistufig	≤ 10000
Wellgetriebe in Flachbauweise, einstufig	78...160
Wellgetriebe mit Umlaufrädergetriebe-generator, einstufig	314...670
Differentialwellgetriebe, einstufig	78/79...260/261
Wellgetriebe in Reibradausführung, einstufig	800...900
Wellgetriebe in Reibradausführung, zweistufig	≤ 40000
Wellgetriebe mit elastischem Doppelrad, einstufig	≤ 25000
Wellgetriebe mit Stirnverzahnung, einstufig	<350

Wellrohrkupplung: Kupplung für kleine Drehmomente zum Verbinden von Wellenenden. Die W. besteht aus einem in 2 Achsrichtungen nachgiebigen Faltenbalg aus Metall und gleicht geringen Achsen- und Winkerversatz aus, z. B. beim Anschluß von rotatorischen Inkrementalgebern (IGR). Die Kräfte, die auf einen IGR wirken, dürfen z. B. axial und radial nicht größer als 10 bzw. 20 N sein.

Weltkoordinaten, Umweltkoordinaten: Bezeichnung für absolute kartesische Koordinaten (*Basiskoordinaten, Absolutkoordinaten*), mit denen Effektorzustände (Position und Orientierung) unabhängig von einer konkreten Robotergeometrie, also roboterextern, beschrieben werden. Technologische Aufgaben werden i. allg. in W. angegeben. Die Planung von Robotertrajektorien wird ebenfalls in W. durchgeführt. Durch anschließende Koordinatentransformation erfolgt dann die Zuordnung von Gelenkbewegungen in Roboterkoordinaten. W.systeme können so angelegt werden, daß sie mit einer oder mit mehreren Achsen des Roboterkoordinatensystems zusammenfallen, z. B. bei IR mit quaderförmigem oder zylindrischem Arbeitsraum.

Wendendoppelgreifer: Doppelgreifer, dessen beide Greifer um einen gemeinsamen Drehpunkt gedreht werden können, so daß beide nacheinander ohne Verstellung des Greiferführungsgetriebes zum Einsatz gelangen können.

Wendeeinrichtung: Einrichtung zum kraftbetätigten Wenden von HHO in unmittelbarer Nähe einer Bearbeitungsstelle, in die der IR das Werkstück eingibt und nach dem Wenden wieder entnimmt, um es zur Bearbeitung einer zweiten Seite erneut in die Spannstelle der gleichen oder einer anderen Maschine einzugeben. Vgl. Wendeplatz.

Wendelmagazin: Roll- oder Gleitrinne, die wendelförmig um einen entsprechenden Rahmen geführt ist. Die Werkstückbewegung erfolgt von oben nach unten durch Schwerkraftwirkung.

Wenden: Bewegen von HHO in eine neue Lage, wobei deren Ober- und Unterseiten gewechselt werden, also meist eine Bewegung um 180° ausgeführt wird.

Wendeplatz: Werkstückablageposition in der Nähe der Bearbeitungsstelle, um in Bearbeitung befindliche Werkstücke für eine Mehrseitenbearbeitung wenden zu können. Wendeplätze können auch mit gesonderten Antrieben versehene Wendeeinrichtungen sein. Die Beschickung des W.es geschieht durch den IR.

Wendetechnologie: Festlegung des Handhabeablaufs für solche Werkstücke, die aus Gründen einer Mehrseitenbearbeitung mit oder ohne Hilfe von Wendeeinrichtungen durch einen IR gewendet und erneut der Spannstelle zugeführt werden. Die W. besteht i. allg. aus einer zeichnerischen Übersicht der Greif- und Spannzonen am Werkstück, der realen Lage der Backen des Roh- und Fertigteilgreifers sowie der jeweils erforderlichen Stellungen der Spannelemente der Werkstückspannvorrichtung.

Werkstück: ein aus Werk- oder Rohstoffen gewonnenes Zwischenprodukt, das durch weitere Bearbeitung Bauteil eines Fertigerzeugnisses oder ein solches selbst wird.

Werkstückanalyse: wichtiger Bestandteil der Einsatzvorbereitung eines Beschickungsroboters. Das Ziel besteht in der Erfassung handhaberelevanter

Daten eines Werkstücksortiments zwecks Prüfung desselben auf Eignung für automatisches Handhaben mit einem IR. Neben einer allgemeinen numerischen Analyse mittels eines Klassifizierungssystems interessieren vor allem die Griffflächen vor und nach der Bearbeitung, das Objektverhalten sowie Besonderheiten der HHO (*Greifteilefamilie, Spannteilefamilie*). Außerdem sind der Werkstoff, die Objektmasse, die Schwerpunktlagen vor und nach der Bearbeitung sowie spezifische Handabeeigenschaften unter Berücksichtigung der Parameter des IR zu ermitteln. Für die Ausarbeitung von Projekten sind Typenvertreter nach dem Ähnlichkeitsprinzip aus dem Werkstückspektrum auszuwählen.

Werkstückaufnahmevorrichtung: 1. ↗ Lagesicherungselement. -
2. ↗ Werkstückträger.

Werkstückbewegung: in der Handhabetechnik die Art der Lageveränderung eines HHO. Die W. kann frei erfolgen, d. h., es wirkt nur die Schwerkraft auf das Werkstück. Bei zwangsweiser W. werden alle Lageveränderungen durch maschinelle Einrichtungen hervorgerufen. Die freie W. ermöglicht einfache und billige Lösungen, ist jedoch weniger zuverlässig als die gesteuerte zwangsweise W.

Werkstückerkennung ↗ Objekterkennung. -

Werkstückerkennungseinheit ↗ Objekterkennungseinrichtung.

Werkstückfluß: Speichern, Bewegen, Lagesichern und Prüfen von Werkstücken an und in Fertigungseinrichtungen, wobei diese Operationen nicht mit Form-, Oberflächenbeschaffenheits- oder Stoffeigenschaftsänderung bzw. Stoffeigenschaftsprüfung der Werkstücke verbunden sind.

Werkstückflußanalyse: Untersuchung des Durchlaufs von Werkstücken durch die Fertigung. Es werden z. B. diejenigen Teile anhand der Arbeitspläne herausgesucht, die die gleiche oder ähnliche Arbeitsvorgangsfolge haben. Die W. ist eine wichtige Vorstufe bei der Konzipierung von Werkstückflußeinrichtungen.

Werkstückflußeinrichtung: Bestandteil von Fertigungssystemen. Sie haben die Aufgabe, Werkstücke zu speichern, ordnen, fördern, positionieren und zu halten. Es ist eine starke werkstückgebundene Ausprägung der einzelnen Funktionseinheiten vorhanden.

Werkstückflußsystem: Gesamtheit der technisch-organisatorischen Mittel, die zur Erfüllung des Speicherns, Bewegens und der Lagesicherung von Werkstücken innerhalb und zwischen Fertigungssystemen und Lagereinrichtungen erforderlich sind.

Werkstückgreifer ↗ Greifer.

Werkstückhalteeinrichtung: Einrichtung zum Sichern von Werkstücken in einer bestimmten Lage. Vgl. Werkstückspanntechnik, Werkstückspannvorrichtung.

Werkstückhandhabung: Teilgebiet der Handhabetechnik, das sich mit den Handhabeoperationen befaßt, die den Werkstoff- oder Werkstückfluß im Bereich von Fertigungseinrichtungen bewirken. Die Werkstücke werden dabei in richtiger Lage und Menge zu einem bestimmten Zeitpunkt an der Bearbeitungsstelle positioniert, gespannt und nach der Bearbeitung entspannt und weitergeleitet. In der automatisierten Fertigung treten an die Stelle des

Menschen Zubringeeinrichtungen und IR. Sie übertreffen Körperkraft, Schnelligkeit, Genauigkeit und Ausdauer des Menschen erheblich. Der Mensch wird damit von maschinentaktabhängiger und schwerer körperlicher Arbeit befreit. Die Sicherheit am Arbeitsplatz wird erhöht.

Werkstücklader: maschinenspezifische Eingabevorrichtung, die in der Regel nur für 1 oder 2 Maschinentypen eingesetzt wird. Die Steuerung erfolgt durch Festanschläge, Nocken oder einfache Programmsteuerungen. Die Flexibilität hält sich in engen Grenzen.

Werkstücklogistik: Gesamtheit und komplexes Zusammenspiel aller Tätigkeiten sowie Koordinierung aller Teilprozesse, die die Versorgung eines Produktionssystems mit Werkstücken, z. B. eines flexiblen bedienarmen Fertigungsabschnitts, optimal gewährleisten.

Werkstückordnung: Charakterisierung der Lage eines Werkstücks im Werkstückspeicher (*Ablagemuster*) und die Lagebeziehungen zu anderen Werkstücken sowie zu den Begrenzungen einer Speicherfläche. Wie die Abb. zeigt, können neben völliger Unordnung (*Haufwerk*) und Teilordnungen (*Mehrschicht*, *Einzelschicht*), ein- oder mehrreihige Ordnungen, wechsellagige sowie stern- bzw. kreisförmige W.en vorliegen. Abb.

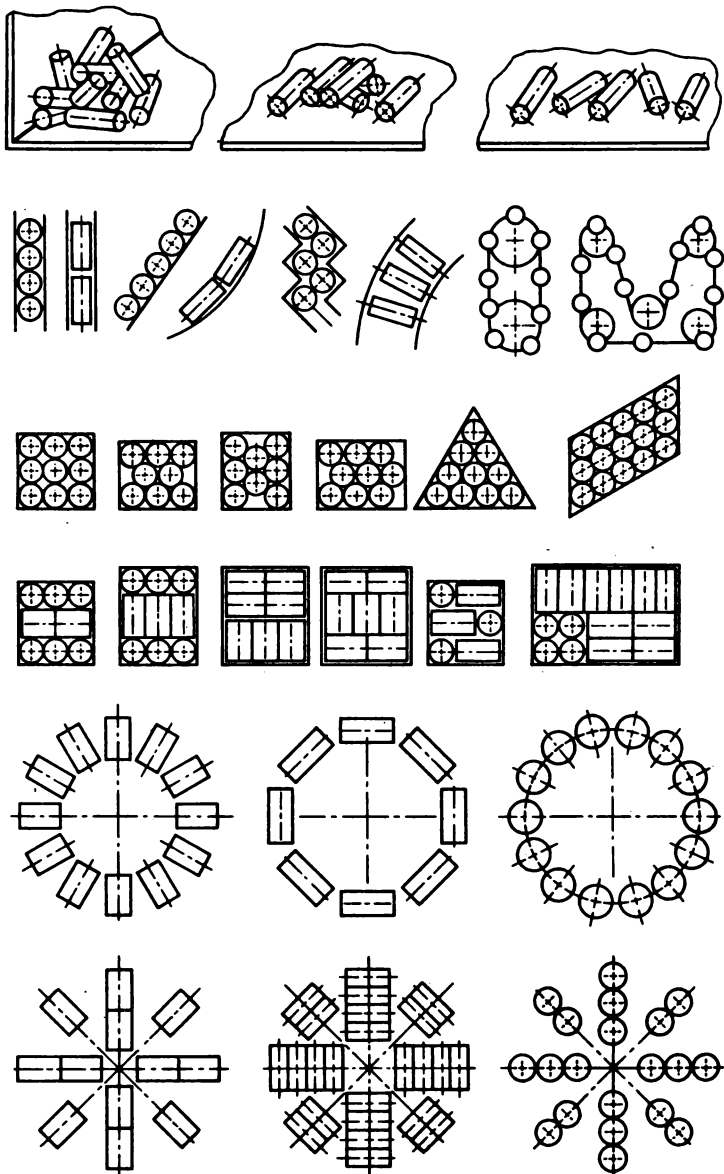
Werkstückpositionierer: 1. ↗ Kippdrehtisch. – 2. ↗ Schiebetisch. – 3. ↗ Kreuzschiebetisch.

Werkstückspanntechnik: Gesamtheit der technischen Mittel und Verfahren, mit denen das Werkstück schnell, sicher und verzugsarm in eine bestimmte Lage gebracht und während der Bearbeitung in dieser gehalten wird. Beim IR-Einsatz muß die W. automatisiert sein. Die Beschickung der Maschine kann durch direktes Handhaben des Werkstücks mit einer Handhabeeinrichtung erfolgen oder indirekt, indem das Werkstück sich bereits auf einer Werkstückspanneinrichtung befindet und mit dieser manipuliert wird. Die automatische W. erfordert eine Reihe von Überwachungsfunktionen, z. B. der Spannkraft, der Stellung von Spannelementen, der Sauberkeit und der Anwesenheit von Teilen.

Werkstückspannvorrichtung: Vorrichtung, die die Aufgabe hat, Werkstücke rasch und sicher in definierter Lage zur Maschine und somit zum Werkzeug zu bringen und sie dann in dieser bearbeitungsrichtigen Lage zu fixieren. Ihr Einsatz in flexiblen automatisierten Fertigungssystemen muß folgenden Bedingungen Rechnung tragen: Beschickbarkeit mit einem IR, leichtes Sauberhalten, Abgabe von Signalen über den Spannvorgang und die Anwesenheit von Werkstücken. Bei hoher Flexibilität stehen Forderungen nach frei positionierbaren W.en an.

Werkstückspannvorrichtung, flexible: Werkstückspannvorrichtung, bei der mindestens eine Teilfunktion in bestimmten Grenzen an veränderte Bedingungen anpaßbar ist bzw. sich selbst anpaßt. Teilfunktionen können z. B. Anpassung an die Werkstückkontur, Anpassung der Spannkraft, Anpassung des Kühlmittelflusses (Richtung, Druck, Menge), Anpassung der Sensorik, sein.

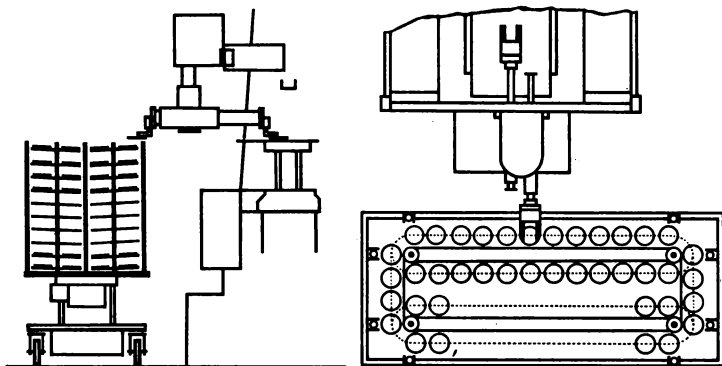
Werkstückspeicher, Puffer: periphere Einrichtung zum Bereitstellen und bzw. oder Aufnehmen von Werkstücken in gewöhnlich geordneten Zustand für das Beschicken und bzw. oder Entladen von Arbeitsmitteln oder als Be-



Beispiele für linie, flächige und räumliche Werkstückordnungen

standteil von Fertigungs- und Montagezellen. Aus der Sicht des IR-Einsatzes ist eine Gliederung nach der Bewegung des Arbeitsgutes in aktive, teilaktive und passive Speicher angebracht, ebenso eine solche nach der Bewegbarkeit des Speichers im Raum. Vgl. Werkstückordnung, Zubringeinrichtung.

Werkstückspeicher, aktiver, *Werkstückspeicher, dynamischer*: Werkstückspeicher, bei dem alle vom IR zu manipulierenden Objekte durch Schwerkraft oder Fremdantrieb zu einem einheitlichen Abnahmepunkt gebracht werden. Beispiele: Förderband, Kettenumlaufspeicher. Abb.



Mobiler aktiver Werkstückspeicher mit umlaufender Kette, bei dem das Eingeben der Werkstücke in die Maschine mit einem zweiarmigen Manipulator erfolgt; *rechts* Draufsicht

Werkstückspeicher, passiver: Werkstückspeicher, bei dem jedes HHO seinen eigenen Speicherplatz hat und nicht verläßt, so daß ein IR wenigstens ein Flächenprogramm beherrschen muß.

Werkstücksystematik: Schema zur Klassifizierung von Arbeitsgut z. B. zur technologischen Untersuchung oder Entwicklung flexibler Handhabeeinrichtungen. Vgl. Handhabeeigenschaften.

Werkstückträger: Vorrichtung zum Aufnehmen von Werkstücken, auf der diese automatisierte Einrichtungen durchlaufen. Die W. können als Systempaletten, rollende Plattformen (Vorrichtungswagen) o. ä. ausgebildet sein. Sie sind gewöhnlich mit Elementen zur Lagesicherung und zum Spannen der Werkstücke ausgerüstet und mit Hilfsmitteln zur Positionierung in der Arbeitsstation versehen.

Bei geometrisch komplizierten und häufig wechselndem Werkstücksortiment braucht man bei Anwendung von W. die Handhabeeinrichtungen nur auf deren Abmaße und Handhabebedingungen auszulegen.

Werkstückverhalten: Gesamtheit aller zeitlich aufeinanderfolgenden Zustände eines oder mehrerer Werkstücke, die durch äußere Kräfte hervorgerufen werden. Es unterliegt arbeitsablaufbedingten Änderungen. Vgl. Handhabeeigenschaften.

Werkstückverhaltenstyp: Klassifizierung von Werkstücken zur systematischen Lösung von Handhabeaufgaben nach Grundverhaltenstypen. Man kann in folgende 12 W.en unterscheiden: Wirtteile, Flachteile, Zylinder-
teile, Blockteile, Kegelteile, Pyramidenteile, Pilz-
teile, Hohlteile, zusammengesetzte Formteile, unregelmäßige Massivteile, Kugelteile, Langteile. Zusammen mit der Angabe der Handhabe- und Werkstückeigenschaften ist eine umfassende Beschreibung HHO möglich.

Werkstückverteilung: Kennzeichnung der augenblicklichen Lage eines Werkstücks und der lagemäßigen Zuordnung mehrerer gleicher Werkstücke zueinander. Die Werkstücke können im Raum (*Haufwerk*), auf der Fläche (*Einzelschicht*), in der Linie oder im Strang (*Einzelwerkstück*) verteilt sein.

Werkstückwechselsystem: Einrichtungen, die an Bearbeitungsmaschinen Werkstücke austauschen. Dieser Austausch erfolgt durch Relativverschiebewegung von Maschinentisch und Werkzeugspindel, durch weiterschaltende Rundtische, durch maschinenintegrierte oder prozeßflexible Handhabeinrichtungen sowie durch Palettenwechselsysteme (*Palettenwechsler*).

Werkstückwendeeinrichtung: 1. ↗ Wendeeinrichtung. – 2. ↗ Wendeplatz. – 3. ↗ Umgriffplatz.

Werkstückzentralspeicher: Werkstückspeicher in einer integrierten Fertigung (*Verteilfertigung*), der seine zentrale Stellung dadurch erhält, daß alle HHO vom W. zu jedem Arbeitsgang einer Maschine gebracht werden und nach dessen Erledigung in den W. zurückkehren. Es gibt keine Weitergabe des Werkstücks von Maschine zu Maschine. Das Handhaben kann mit einem IR, einer Einlegeeinrichtung oder auch mit Regelbediengeräten in Verbindung mit geeigneten Fördereinrichtungen erfolgen.

Werkzeug: Fertigungsmittel, das durch Relativbewegung gegenüber dem Werkstück unter Energieübertragung die Bildung seiner Form oder die Änderung seiner Form und Lage, bisweilen auch seiner Stoffeigenschaften, bewirkt. W. können auch von einem IR geführt werden, z. B. Punktschweißzangen, Schweißbrenner, Farbspritzpistolen, Schleifaggregate, Füge-W.

Werkzeugfluß: alle Vorgänge, die mit der automatischen Erkennung, Handhabung und Zuordnung der Werkzeuge zu einer Maschine oder einem Maschinensystem nach festgelegten Vorschriften zum Zweck des selbsttätigen Werkzeugwechsels ausgeführt werden.

Werkzeugflußsystem: System, das die Organisation und die Einrichtungen des Werkzeugflusses im Fertigungsprozeß und die Gestaltung des aus Werkzeugen und Werkzeugspannern bestehenden Werkzeugsystems zum Fertigen umfaßt.

Werkzeughalter: anstelle eines Greifers an das Führungsgetriebe eines IR angebaute Haltevorrichtung für die Aufnahme eines Werkzeugs.

Werkzeughandhabung: alle Vorgänge, die zur automatischen Erkennung, Handhabung und Zuordnung von Werkzeugen zu einer Maschine oder einem Maschinensystem nach festgelegten Vorschriften zum Zweck des selbsttätigen Werkzeugwechsels ausgeführt werden müssen. Die W. kann von einem Werkzeugwechsler oder auch einem Beschickungsroboter vorgenommen werden.

Werkzeuglogistik: Gesamtheit und komplexes Zusammenspiel aller Tätig-

keiten sowie Koordinierung aller Teilprozesse, die die Versorgung eines Produktionssystems mit Werkzeugen, z. B. eines flexiblen bedienarmen Fertigungsabschnitts, optimal gewährleisten.

Werkzeugmanipulator → Werkzeugwechsler.

Werkzeugmaschine: mit auswechselbaren Werkzeugen ausgerüstete ortsgebunden arbeitende Fertigungseinrichtung zur form- und maßgerechten Bearbeitung von Werkstücken vorwiegend aus Metall und Holz durch Umformen und Trennen oder zum Fügen. Die W. kann in folgende Gattungen gegliedert werden: automatisierbare W., Automat, Sondermaschine, Bearbeitungszentrum, Fertigungszelle. Zur Realisierung eines automatischen Werkstückflusses werden IR, maschinenintegrierte IR-Arme und auch Einlegeeinrichtungen vorgesehen.

werkzeugmaschinenspezifischer Stellmotor, Abk. WSM: Gleichstromelektromotor mit schlankem Läufer, der in seiner Bauform und in den Kenndaten für den Einsatz als Vorschubantrieb in Werkzeugmaschinen konzipiert wurde, aber auch als IR-Antrieb geeignet ist. Der WSM kann mit einem Aufsteck-Tachogenerator und einer Wegmeßeinrichtung gekoppelt werden.

Werkzeugroboter: zur Werkzeughandhabung eingesetzter IR (→ Industrieroboter, prozeßflexibler). Der W. bewegt Werkzeuge oder Arbeitsmittel und führt technologische Operationen, z. B. Punkt- oder Nahtschweißen, Farbspritzen oder Entgraten aus. Der Aufbau und ihre Beweglichkeit sind auf die technologische Aufgabe abgestimmt. Die Bewegungszyklen dieser IR ändern sich meist mit jeder neuen Bearbeitungsaufgabe.

Werkzeugspeicher: Speicher zur Aufbewahrung und Bereithaltung von Werkzeugen im Bereich automatisierter Maschinen in Form von Ketten-, Platten-, Scheiben-, Trommel-, Doppelscheiben- und Etagenscheibenmagazinen.

Werkzeugverschleißkontrolle: automatische Kontrolle des Werkzeugzustands in z. B. einer bedienarmen Fertigungszelle mit Hilfe von Sensoren und mit automatischer Korrektur der CNC-Steuerung. Als Sensoren werden u. a. auch Bildsensoren eingesetzt, die die Werkzeugschneide direkt beobachten. Der gewonnene Istzustand der Schneidkanten wird automatisch mit der Sollkontur verglichen und so Abnutzung und Ausbrechen festgestellt. Die W. dient der Sicherung einer vollen Werkzeugausnutzung und Minimierung der Handeingriffszeiten. Vgl. Messen.

Werkzeugwechsler: auf den Vorgang des automatischen Werkzeugwechsels an NC-Maschinen spezialisierter Manipulator. Der W. holt aus einem Werkzeugspeicher (Magazinkette, Scheiben- oder Etagenscheibenmagazin) die Bearbeitungswerkzeuge, setzt sie in die Arbeitsspindel ein und bringt sie nach Gebrauch wieder zurück. W. sind häufig mit einem Doppelgreifer ausgestattet.

Wiedergabefehler: Abweichung des Arbeitsorgans eines IR im Bahnverlauf einer programmierten Bahn, die zwischen Teach-in-Programmierung und erster Wiederholung im Arbeits- und Zeitraum vorliegt. Der W. wird an kritischen Punkten der Bewegungsbahn als Einzelfehler ermittelt. Der mittlere W. ist aus einer genügend großen Anzahl von repräsentativen Meßpunkten

zu errechnen. Der vektorielle Gesamtfehler wird aus den vektoriellen Fehlern der einzelnen Bewegungsachsen berechnet. Die Bezeichnung Wiedergabegenauigkeit für W. sollte vermieden werden. Vgl. Wiederholfehler.

Wiedergabegenauigkeit ↗ Wiedergabefehler.

Wiederholfehler: Abweichung des Arbeitsorgans eines im Teach-in-Verfahren programmierten IR, die zwischen der dritten Wiederholung nach der Programmierung und dem Mittelwert der ersten bis fünften Wiederholung ermittelt werden kann. Das wiederholte Anfahren einer Position hat unter gleichen Bedingungen und Steuerbefehlen zu erfolgen. Der mittlere W. kann bestimmt werden, wenn über einen Bahnverlauf eine genügend große Anzahl von repräsentativen Meßpunkten vorliegt. Der vektorielle Gesamtwert ergibt sich aus den vektoriellen Fehlern der einzelnen Bewegungsachsen. Der Begriff Wiederholgenauigkeit anstelle W. sollte vermieden werden. Vgl. Wiedergabefehler.

Wiederholfunktion: Funktion einer IR-Steuerung, eine vorgewählte Anzahl von Wiederholungen eines Programmabschnitts ausführen zu können.

Wiederholpositioniergenauigkeit ↗ Wiederholfehler.

Wiener, Norbert: US-amerikanischer Mathematiker (1894–1964) Er war 45 Jahre am Massachusetts Institute of Technology (USA) tätig. W. befaßte sich u. a. mit Problemen des Zusammenwirkens von Mensch und Maschine und hat wesentlichen Anteil an der Entdeckung der Kybernetik. 1948 erschien das berühmte Werk „CYBERNETICS or control and communication in the animal and the machine“ (Kybernetik oder Regelung und Nachrichtenübertragung im Lebewesen und in der Maschine). Weitere Bücher waren u. a. „Mensch und Menschmaschine“ sowie „Gott und Golem“.

Die ↗ Kybernetik ist eine der wichtigsten Grundlagen automatischer Steuerungen und damit auch der Robotertechnik, insbesondere bei Einsatz von Sensorik.

Winkelauflösung ↗ Wegauflösung.

Winkelbeschleunigung: Änderung der Winkelgeschwindigkeit in der Zeiteinheit. Die Maßeinheit ist $\text{rad} \cdot \text{s}^{-2}$.

Winkelgeschwindigkeit: in Bogenmaß gemessener Wert des in einer Sekunde überstrichenen Winkels. Ein durchschnittlicher Wert liegt bei IR etwa bei 30 bis 120°/s je nach Achse. Vgl. Winkelbeschleunigung.

Winkelinkrement: Zuwachs eines Drehwinkels α in Quanten $\Delta\alpha$.

Winkelkodierer ↗ Kodedrehgeber. Abb. S. 390.

Wirkorgan ↗ Arbeitsorgan.

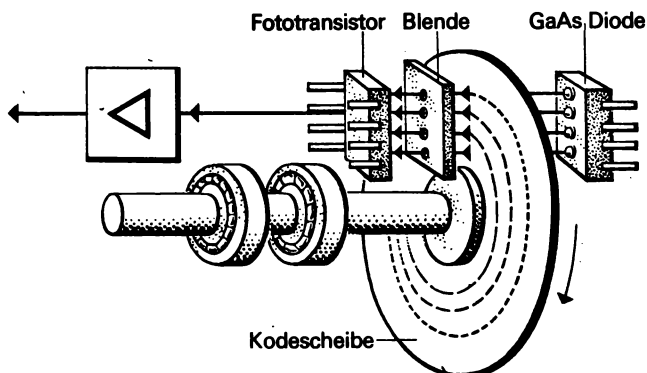
Wirkorgankoordinaten ↗ Greiferkoordinatensystem.

Wirkpaar: in der Fertigungstechnik die bei einem Fertigungsvorgang aufeinander einwirkenden Komponenten. Das sind Werkzeug, Wirkmedium oder Wirkenergie einerseits und das Werkstück andererseits.

Wirkstelle: Ort, an dem ein Stoff-, Energie- und Informationsfluß zusammengeführt werden, um eine Veränderung am Stoff (Material, Arbeitsgut) zu bewirken. Die W. oder auch Wirkzone sind somit abstrakte Darstellungen einer beliebigen technologischen Operation.

Wirkzeug ↗ Arbeitsorgan.

Wirkzone ↗ Wirkstelle.



Prinzipdarstellung eines Winkelkodierers

Wirrgut: Stückgut, das durch seine Form zum Verhaken, Verklemmen und Verschrauben neigt. Solche Werkstücke werden auch als „Heuteile“ bezeichnet. Ihre automatische Handhabung erfordert besondere Einrichtungen oder ist nicht möglich.

Wirrguthandhabung: automatisches Handhaben, insbesondere Ordnen und Zuführen von Wirrgut. Die W. ist schwierig, weil sich die Teile miteinander verhaken und verklemmen. Für die W. wurden deshalb spezielle Einrichtungen entwickelt (Separatoren), die z. B. Drahtfedern durch oszillierende Bürsten, durch Druckluftimpulse oder Walzentrommeln entwirren, ordnen und magazinieren.

Wirtschaftlichkeitsberechnung: 1. ↗ Effektivität. – 2. ↗ Nutzeffekt, ökonomischer. – 3. ↗ Nutzeffektsberechnung.

WL 10 R ↗ Abk. für Waseda-Leg.

Wolfkoppelgetriebe: spezielles hochübersetzendes Umlaufträdergetriebe, bei dem 1. allg. mehrfach vorhandener Räderblock umläuft, wobei sich ein Rad des Blocks am gestellfesten Rad abstützt, während das andere die Abtriebsbewegung erzeugt.

world-modeling [engl.]: Programmierung eines Roboters mit Hilfe eines Umweltmodells.

Wort: endliche, geordnete Folge von Zeichen, die in ihrer Bedeutung als Einheit betrachtet und verarbeitet wird. Die Anzahl der Zeichen ist die W.länge. Gebräuchliche Bedeutungen sind:

1. Für die steuerunginterne Informationsdarstellung und -verarbeitung ist ein W. eine Folge von Binärzeichen (↗ Zeichen) konstanter W.länge, z. B. 8, 16, 32 Bit. Vgl. Binärkode, Byte. 2. Für die allgemeine Informationsdarstellung, z. B. für die Programmierung von Handhabeaufgaben, ist ein W. eine Folge von i. allg. alphanumerischen Zeichen bei konstanter oder variabler W.länge, z. B. als Befehl in einem NC-Code oder als Anweisung in einer höheren Sprache. Vgl. Kode, alphanumerischer.

Wristsensor ↗ Handgelenksensor.

WSM: Abk. für werkzeugmaschinenpezifischer Stellmotor.

Wurfziffer: Kenngröße für die Antriebsbeschleunigung bei einem Vibrationsförderer. Sie gibt das Verhältnis der normal zur Förderbahn gerichteten Komponente der Antriebsbeschleunigung zur gleichgerichteten Komponente der Erdbeschleunigung an. Vibrationswendelförderer arbeiten mit einer W. größer als eins, d. h., die Werkstücke heben während des Fördervorgangs zeitweise von der Wendel ab, gehen in den freien Flug über und prallen anschließend wieder auf die Förderbahn auf. Sie werden so in kleinen Sprüngen, den *Mikrowürfen*, die Wendel hinaufgefördert.

Z

Zahnstangenantrieb: Antrieb, bei dem ein Zahnstange-Ritzel-Getriebe verwendet wird, wobei die Zahnstange sowohl angetriebenes Glied, z. B. in einer Lineareinheit, als auch treibendes Glied, wie in einer Dreheinheit, sein kann.

Zangengreifer: mechanischer Greifer, bei dem 2 oder 3 starre Klauen zangenförmig zueinander bewegt werden und dabei ein HHO form- und kraftpaarig halten. Die Greifkraft ist nach den Forderungen zur max. Beschleunigung und aus Kenndaten der Werkstücke, wie Oberflächenrauigkeit, Zerbrechlichkeit u. a. festzulegen. Zu ihrer Begrenzung können Sensoren eingesetzt werden. Z. lassen sich nach ihrer Greiferkinematik systematisieren.

Zangenvorschubeinrichtung: zur Automatisierung von Umformmaschinen gebräuchliche Zuführeinrichtung für Band- und Streifenwerkstoffe. Je 2 hin- und herbewegte Zangenpaare öffnen und schließen sich im Wechsel, so daß dem Arbeitsgut eine geradlinige unterbrochene Bewegung erteilt wird.

Zapfengreifer: pneumatischer Außengreifer, der ein HHO form- und kraftpaarig an einem Zapfen anfaßt, z. B. am Flaschenhals beim Greifen von Getränkeflaschen, wobei sich ein elastischer Hohlkörper in einem starren Gehäuse unter Druckluftzufuhr verformt und damit das Halten bewirkt.

Zeichen: kleinste für einen bestimmten Anwendungszweck vorgesehene Dateneinheit. Z. werden zur Darstellung von Informationen vereinbart.

Für die IR-Steuerungstechnik sind von Bedeutung: Buchstaben (alphabetische Z.), Ziffern (numerische Z.), Operations-Z. (+ - · : √ ^), Interpunktions-Z. (, . ; ? !) sowie spezielle Steuer-Z.

Die Informationsverarbeitung auf der Basis von alphanumerischen Z. ist ein Merkmal numerischer Steuerungen. Für die digitale Informationsverarbeitung spielen die Binär-Z. (0 und 1) eine besondere Rolle. Vgl. Binärkode.

Zeichenautomat, anthropomorpher: Android, der kurvengesteuert zum Zweck der Unterhaltung und zur Demonstration gediegener Mechanikerkunst Zeichnungen anfertigt. Die a. Z.en konnten i. allg. durch Auswech-

seln von Kurvensätzen umprogrammiert werden. Bekannte Automaten dieser Art sind „Der Zeichner“ (1712) von *Jaquet-Droz* (Vater und Sohn) und *J.-F. Leschot* sowie der „Zeichner-Schriftsteller“ von *Jaquet-Droz* und *J.-H.-N. Mailhardet* (um 1800).

Zeilenkamera ↗ Linearkamera.

Zeitausnutzungsgrad: Kennziffer, die angibt, in welchem zeitlichen Umfang automatisierte Fertigungs- und Handhabeeinrichtungen ausgelastet sind. Der Z. kann nach folgender Beziehung ermittelt werden: $\eta_t = t_{Nu}/t_B$ (t_{Nu} = tatsächliche Nutzungszeit; t_B = Bereitschaftszeit). Der Z. zeigt Reserven in vorhandenen maschinellen Kapazitäten auf.

Zeitglied ↗ Verweilzeit.

Zeitplansteuerung: Prinzip einer automatischen Steuerung, bei der der Befehlsaufruf für eine bestimmte Zeitdauer, i. allg. als programmierbares Vielfaches einer Taktperiode, erfolgt. Die Zeitdauer ist so zu programmieren, daß innerhalb dieser die Befehlsausführung garantiert abgeschlossen (z. B. Bewegungsbefehl) oder der Befehl von einer peripheren Steuereinrichtung übernommen worden ist (z. B. Schaltbefehl). Z.en arbeiten prinzipiell ohne Quittierung der Befehlsausführung. Vgl. Ablaufsteuerung.

Zeitrasterinterpolation: Erzeugung unterschiedlicher Weginkremente in gleichen Zeitabständen durch einen ↗ Interpolator als Zuwachs für die Lageführungsgrößen. Vgl. Wegrasterinterpolation.

Zeitstufe ↗ Verweilzeit.

Zeittakt ↗ Abtastperiode.

Zellenradbunker: Werkstückspeicher für ungeordnetes Arbeitsgut, bei dem am Boden eines feststehenden Behälters (*Bunker*) ein Zellenrad rotiert, welches der Werkstückform angepaßte Aussparungen hat. Zufällig in Vorzugslage befindliche Werkstücke geraten in diese Aussparungen, werden mitgenommen und an der Ausgabestelle geordnet in ein Magazin geleitet.

zentrale Informationsverarbeitung: funktioneller Bestandteil z. B. einer IR-Steuerung zur internen Koordinierung aller Steuerungsfunktionen, insbesondere zur Realisierung ihres Ablaufs entsprechend dem ↗ Handhabeprogramm. Es werden meist die Prinzipien der ↗ Ablaufsteuerung, seltener der ↗ Zeitplansteuerung oder der ↗ Führungssteuerung angewendet.

Zentralmanipulator: Manipulator, der sich im Mittelpunkt einer kreisförmigen Anordnung von Arbeitsmitteln und Peripherieeinrichtungen befindet. Er wird gewöhnlich für Beschickungsvorgänge und bei Mehrmaschinenbedienung vorgesehen.

Zentralspeicher ↗ Werkstückzentralspeicher.

Zentralsteuerung, Leitsteuerung: übergeordnete Steuerung zur Koordinierung des Arbeitsablaufs, wenn mehrere Maschinen, periphere Einrichtungen, IR u. a. zusammenarbeiten. Sie stellt i. allg. einen eigenständigen Rechner mit einem zentralen Terminal dar, von dem aus die Bestandteile einer Fertigungszelle gesteuert und überwacht werden. Die Z. kommuniziert über Datenschnittstellen (Interface) mit den Steuerungen der Maschinen usw. Sie legt u. a. fest, wann welches Programm abzuarbeiten ist. Vgl. Steuerungshierarchie.

Zentralverarbeitungseinheit, Abk. ZVE: Hauptbestandteil einer Rechnersteuerung. Sie organisiert die Informationsverarbeitung, die Verknüpfung der einzelnen Programmschritte zum Steuerprogramm, die Ausgabe von Weg- und Schaltbefehlen an die ausführenden Mechanismen sowie die Informationsein- und -ausgabe zum Bediener.

Zentrifugalmoment: Massenmoment zweiten Grades. Jedes Massenteilchen dm wird mit seinen Abständen von 2 Koordinatenebenen, z. B. x, y , multipliziert, so daß sich $J_{xy} = \int xy \, dm$ ergibt. Die Z. kommen vor, wenn die Lage der resultierenden Zentrifugalkraft berechnet wird.

Zickzackmagazin: abgewandeltes $\nearrow$ Schachtmagazin mit zickzackförmigem Kanal, in welchem nur 2 oder 3 Werkstücke auf einer Stufe hintereinander liegen. Die Masse der Werkstücke addiert sich nicht voll, so daß das unterste Werkstück leicht aus dem Z. bewegt werden kann.

Zifferndarstellung $\nearrow$ Kode, numerischer.

Ziffernwahlschalter $\nearrow$ Kodierschalter.

Zirkularinterpolation. 1. $\nearrow$ Kreisinterpolation. – 2. $\nearrow$ Interpolation.

ZRE: Abk. für Zentralrecheneinheit. $\nearrow$ Zentralverarbeitungseinheit.

Zubringeeinrichtung, **Zuführeinrichtung**: Handhabeinrichtungen, die den Werkstück-, Werkstoff- oder Werkzeugfluß zu Wirkstellen hin, von ihnen weg und zwischen ihnen bewirken. Dabei werden alle Funktionen übernommen, die notwendig sind, um das HHO in der richtigen Anzahl bzw. Menge in einer bestimmten Lage und Richtung und zum richtigen Zeitpunkt in die Wirkstelle zu bringen, dort zu entnehmen, zu speichern oder weiterzugeben. Im Einzelfall ist eine eindeutige Unterscheidung zwischen einem Fördermittel und einer Z. oft schwierig, da ein und dieselbe Einrichtung je nach Einsatz beides sein kann. Das gilt besonders für Weitergabearrichtungen.

Zubringefunktion $\nearrow$ Handhabeoperation.

Zubringekanal: freier Raum an mit Werkstücken zu beschickenden Maschinen, über den eine Handhabeinrichtung ungehindert die Spannstelle erreichen kann.

Zubringen, **Zuführen**: Gesamtheit der Handhabeoperationen bei automatischer Werkstückhandhabung in der Fertigungskette.

Zuführeinrichtung: 1. $\nearrow$ Zubringeeinrichtung. – 2. $\nearrow$ Einlegeeinrichtung.

Zuführen: 1. $\nearrow$ Zubringen. – 2. $\nearrow$ Eingeben. – 3. $\nearrow$ Ausgeben.

Zuführkraft: Prüfgröße, die die Kraft angibt, welche am Greifer eines IR in Bewegungsrichtung des HHO unter statischen Bedingungen wirksam werden kann. Vgl. Bewegungskraft.

Zugmittelgetriebe: Getriebe, die außer starren Getriebegliedern noch ein Glied enthalten, welches aufgrund seines Aufbaus oder des verwendeten Werkstoffs in sich beweglich und deshalb nur zur Übertragung von Zugkräften fähig ist. Zugmittel können Ketten, Riemen, Bänder, Seile oder Drähte sein.

Zusammenführen: Handhabeoperation, die das Bewegen von Objekten zur Vereinigung von Strömen derselben bezeichnet. Es ist eine besondere Form des Weitergebens.

Zusatzfunktion: Befehlstyp in $\nearrow$ NC-Sprachen, der insbesondere Schaltin-

formationen unterschiedlicher Bedeutung für zu steuernde Einrichtungen und Prozesse beinhaltet, einschließlich Haltbefehlen. Die Z. wird in der IR-Technik auch für Sprungbefehle benutzt. Als Zeichen werden der Buchstabe M und i. allg. daran anschließend 2 Ziffern verwendet.

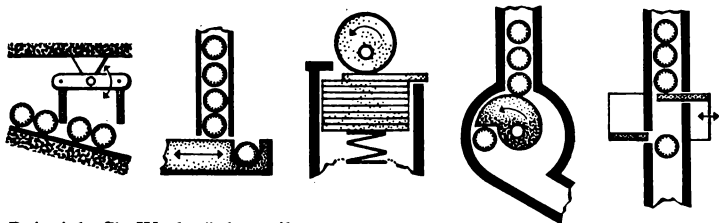
Zusatzsteuerung: 1. programmierbare Anpaßsteuerung. – 2. ↗ Anpaßsteuerung.

Zustandsgrößenverarbeitung: funktioneller Bestandteil einer IR-Steuerung, vorzugsweise als Programm, der Signale aus Erkennungssystemen in Steuerungsinformationen für den IR und den technologischen Prozeß wandelt, ohne daß diese Steuerinformationen Bestandteil des Handhabeprogramms sein müssen. Der Inhalt der Z. ist stark abhängig vom Erkennungssystem und den Bedingungen des technologischen Prozesses.

Zuteileinrichtung ↗ Zuteiler.

Zuteilen: Bereitstellen einer vorbestimmten Menge oder Anzahl von HHO. Ein Sonderfall ist das Vereinzeln, bei dem nur jeweils ein einziges Werkstück bereitgestellt wird. Für formunbestimmtes Arbeitsgut hat sich vor allem in der Verarbeitungstechnik der Begriff Dosieren eingebürgert.

Zuteiler: Einrichtung, die eine vorbestimmte Menge oder Anzahl von HHO bereitstellt. Werden gleichzeitig mehrere Objekte bereitgestellt, so spricht man von einem *Mehrfach-Z.* In der Abb. werden einige Arbeitsprinzipie für Z. dargestellt. Abb.



Beispiele für Werkstückzuteiler

Zuverlässigkeit: Eigenschaft, vorgegebene Funktionen unter Einhaltung festgelegter Parameter in definierten Grenzen, die den Bedingungen der Nutzung entsprechen, in einem bestimmten Zeitintervall zu erfüllen. Die Z. kann durch Kenngrößen wie Fehlerfreiheit, Langlebigkeit, Wartung und Reparatur und den dazugehörigen umgebungs- und funktionsbedingten Belastungen sowie Ausfallkriterien ausgedrückt werden. Eine komplexe Kenngröße zur Beurteilung von Betriebs-Z. ist die Verfügbarkeit V. Aus ihrer Definition $V = (\text{mittlerer Ausfallabstand } \theta) / (\theta + \text{mittlerer Ausfalldauer} + \text{mittlere vorbeugende Instandhaltungsdauer})$ wird deutlich, daß auch der Anwender die Z. beeinflusst. Für IR wird eine Verfügbarkeit von $\geq 97\%$ für notwendig erachtet.

ZVE: Abk. für Zentralverarbeitungseinheit.

Zweifachgreifer: Greifer, der gleichzeitig 2 HHO halten kann, wobei das Halten und Lösen zugleich an allen Greifstellen erfolgt.

Zweipositionentisch: Werkstückaufnahmeinrichtung, auf die 2 um 180°

versetzte Spannvorrichtungen montiert sind. Beide Vorrichtungen werden manuell oder automatisch wechselseitig von der Einlege- in die Arbeitsposition geschwenkt. Damit die Arbeitskraft beim Einlegen neuer Teile durch den Arbeitsvorgang nicht gestört wird, befindet sich zwischen beiden Vorrichtungen eine Schutzwand.

Zweiwegepalette: Palette, deren Füße oder Klötze das Einführen der Gabel eines Gabelstaplers nur von 2 Seiten aus gestatten.

Zwischenlage $\nearrow$ Stapelzwischenlage.

Zwischenspeicher: in der Handhabe- bzw. Fertigungstechnik ein Werkstückvorrat, der aus technologischen oder organisatorischen Gründen vorübergehend angelegt wird.

Zyklus: in der IR-Technik Bezeichnung für einen Arbeitsablauf, der dadurch gekennzeichnet ist, daß sich ein bestimmter Bewegungsablauf automatisch, jedoch gegebenenfalls von bestimmten Bedingungen abhängig (Variable), wiederholt. Dabei können sich von Z. zu Z. bestimmte Parameter ändern, z. B. Sollwertpositionen für das Palletieren. Es können auch Zyklen geschachtelt sein, oder es kann eine Aufeinanderfolge von Zyklen bestehen.

Werden geschachtelte oder aufeinanderfolgende Zyklen, bezogen auf den Haupt-Z., in der gleichen Reihenfolge durchlaufen, so spricht man von einem festen Z. (fester Haupt-Z.). Ist es von Bedingungen abhängig, welcher bzw. welche der Unter-Z. durchlaufen wird, so handelt es sich um einen flexiblen Z. (flexibler Haupt-Z.). Die konkreten Möglichkeiten zur Realisierung von Zyklen werden hauptsächlich von der IR-Steuerung (Befehlsinhalte für die Programmierung von Handhabeaufgaben) bestimmt. Sie sind mitbestimmend für die Flexibilität eines IR. Vgl. Bedienung durch Anforderung, Prozeßkommunikation, Zyklusautomatik.

Zyklusautomatik: Betriebsart, ähnlich der Schrittautomatik, bei der mit Betätigung des Starttasters ein Zyklus abgearbeitet wird.

Zykluszeit $\nearrow$ Taktzeit.

Zylinderführung $\nearrow$ Führung.

Zylinderkoordinaten: Koordinaten zur Beschreibung eines beliebigen Raumpunkts durch die Parameter Abstand r vom Nullpunkt, Winkel φ und Abstand z' . Bei IR mit der Grundstruktur Drehen/Schieben/Schieben entsteht ein Arbeitsraum, der Zylinderform hat. In diesem Fall ist die Anwendung von Z. zweckmäßig.

Welterführende Literatur

- Andrianov, Ju. D., Bobrikov, V. N., Gončarenko, V. N., Robototechnika (Robotertechnik), Moskau 1984
- Angeles, J., Spatial Kinematic Chains-Analysis, Synthesis Optimization (Räumliche kinematische Ketten – Analyse, Synthese, Optimierung), Berlin/Heidelberg/New York/Tokyo 1982
- Areasen, M. M., Kähler, S., Lund, T., Design for Assembly (Gestaltung für die Montage), Berlin/Heidelberg/New York/Tokyo 1985
- Attyate, Y. H., NC-Lexikon, Zürich 1979
- Attyate, Y. H., Shah, R., Robot Guide 1983 (Industrieroboterhandbuch), Zürich 1983
- Barth, W. u. a., Industrierobotersteuerungen, Berlin 1984
- Bausjavičjus, R. Ju., Ivanov, A. A., Kamyšnyj N. U., Promyšlennye roboty dlja miniatjurnych izdelij (Industrieroboter für Kleinstteile), Moskau 1985
- Beljanin, P. N., Promyšlennye roboty i ich primenenie (Industrieroboter und ihre Anwendung), Moskau 1983
- Beljanin, P. N., Promyšlennye roboty (Industrieroboter), Moskau 1975
- Beljanin, P. N., Robototechniceskie systemy dlja masinostroenija (Robotertechnische Systeme für den Maschinenbau), Moskau 1986
- Belov, A. P., Manipulatory (Manipulatoren), Moskau 1978
- Bernd, H., Auer, B. H. u. a., Industrieroboter und ihr praktischer Einsatz, Grafenau/Württ. 1981
- Beyer, A., Faszinierende Welt der Automaten, München 1983
- Blume, C., Dillmann, R., Frei programmierbare Manipulatoren, Würzburg 1982
- Blume, C., Jakob, W., PASRO-Pascal for robots (PASRO-Pascal für Roboter), Berlin/Heidelberg/New York/Tokyo 1985
- Blume, C., Jakob, W., Programmiersprachen für Industrieroboter, Würzburg 1982
- Bobrov, V. P., Proektirovanie zagružočno-transportnych ustrojstv k stankam i avtomatičeskim linijam (Projektierung von Zufuhrfördereinrichtungen an Werkzeugmaschinen und in automatischen Linien), Moskau 1964
- Bögelsack, G., Kallenbach, E., Linnemann, G., Roboter in der Gerätetechnik, Berlin 1984
- Bonney, M., Yong, Y. F., Robot Safety (Robotersicherheit), Berlin/Heidelberg/New York/Tokyo 1985
- Boothroyd, G., Poli, C., Musch, L. E., Automatic Assembly (Automatische Montage), New York/Basel 1982
- Bordjug, B. A., Larin, V. B., Timošenko, A. G., Zadači upravljenja šagajuščimi apparatami (Probleme der Steuerung von Schreitapparaten), Kiev 1985
- Brady, M., Gerhardt, L. A., Davidson, H. F., Robotics and Artificial Intelligence (Robotertechnik und künstliche Intelligenz), Berlin/Heidelberg/New York/Tokyo 1984
- Buda, J., Kovacs, M., Primyselne Roboty (Industrieroboter), Bratislava 1976

- Cohen, J., Golem und Roboter, Frankfurt 1968
- Desoyer, K., Kopacek, P., Troch, I., Industrieroboter und Handhabungsgeräte – Aufbau, Einsatz, Dynamik, Modellbildung und Regelung, München 1985
- Diebold, J., Die automatische Fabrik, Frankfurt 1956
- Dilling, H.-J., Rauschenbach, T., Rationalisierung und Automatisierung in der Montage, Düsseldorf 1975
- Dwivedi, S. N., Robotics and Factories of the Future (Roboter und Fabriken der Zukunft), Berlin/Heidelberg/New York/Tokyo 1984
- Engelberger, J. F., Industrieroboter in der praktischen Anwendung, München/Wien 1981
- Fischer, I., Hartmann, K., Industrieroboter im Sozialismus, Berlin 1983
- Frank, H.-E., Handhabungseinrichtungen, Mainz 1975
- Fuchs, H., Kleines Lexikon der automatischen Steuerung, Berlin 1981
- Gavriš, A. P., Voronec, B. M., Robotizirovannye mechano-obrabatyvajuščie komplekxy mašinostroitel'nogo proizvodstva (Robotisierte mechanische Bearbeitungskomplexe im Maschinenbau), Kiev 1984
- Gomersall, A., Machine Intelligence (Maschinelle Intelligenz), Berlin/Heidelberg/New York/Tokyo 1984
- Gomersall, A., Farmer, P., Robotics-Internationale Bibliography mit Kurzfassungen, Berlin/Heidelberg/New York/Tokyo 1984
- Göttner, R., Seydewitz, N., Roboter heute und morgen, Leipzig/Berlin 1985
- Hain, K., Gelenkgetriebe für die Handhabungs- und Robotertechnik, Braunschweig/Wiesbaden 1984
- Hartley, J., Flexible Automation in Japan, Berlin/Heidelberg/New York/Tokyo 1984
- Haustein, H.-D., Maier, H., Flexible Automatisierung, Berlin 1985
- Heginbotham, W. B., Programmable Assembly (Programmierbare Montage), Berlin/Heidelberg/New York/Tokyo 1984
- Herden, G. (Hrsg.), Schweißroboter, Berlin 1985
- Hesse, S., Golems Enkel, Leipzig/Jena/Berlin 1986
- Hesse, S., Kleines Lexikon der Industrierobotertechnik, Berlin 1984, Heidelberg 1984
- Hesse, S., Zapf, H., Verkettungseinrichtungen in der Fertigungstechnik, Berlin 1971, München/Wien 1971
- Hesse, S., Zapf, H., Kleines Lexikon der fertigungstechnischen Automatisierung, Berlin 1973
- Hollington, J., Machine Vision – The Eyes of Automation (Sehmaschine – Augen der Automatisierung), Berlin/Heidelberg/New York/Tokyo 1984
- Ignatev, M. B., Kulakov, F. M., Pokrovskij, A. M., Algoritmy upravlenija robotami – manipuljatorami (Algorithmen zur Steuerung von Roboter-Manipulatoren), Leningrad 1977
- Itzinger, O., Maschinelle Intelligenz, München/Wien 1976
- Ivanov, A. A., Proektirovanie sistem avtomatičeskogo manipulirovanija miniatjurnym izdelijami (Projektierung von automatischen Handhabesystemen für Kleinstteile), Moskau 1981

- Jachimovič, B. A. u. a., Robototechnika (Robotertechnik), Kiev 1984
- Jurevič, E. I. u. a., Ustrojstvo promyšlennyh robotov (Der Aufbau der Industrieroboter), Leningrad 1980
- Jurevič, E. I., Popov, E. P. u. a., Robototechnika (Robotertechnik), Moskau 1984
- Kämpfer, S., Roboter, die elektronische Hand des Menschen, Düsseldorf 1984
- Kiese, S., Naumann, E., Roboter im Blickpunkt, Leipzig 1983
- Kobriniski, A. E., Achtung, Roboter, Leipzig/Jena/Berlin 1974
- König, M., Berührungslöse Erkennung und Positionsbestimmung von Objekten durch inkohärent-optische Korrelation, Mainz 1977
- Kostjuk, V. I., Gavriš, A. P., Jampol'skij, L. S., Karlov, A. G., Promyšlennye Roboty (Industrieroboter), Kiev 1985
- Kostjuk, V. I., Konstruivovanie, upravlenie i ekspluatacija promyšlennyh robotov (Konstruktion, Steuerung und Nutzung von Industrierobotern), Moskau 1985
- Kozyrev, Ju. G., Promyšlennye roboty – Spravočnik (Industrieroboter – Lehrbuch), Moskau 1983
- Kozyrev, Ju. G., Šifrin, Ja. A., Sovremennye promyšlennye roboty-Katalog (Moderner Industrieroboter-Katalog), Moskau 1984
- Krause, H., Gehirn contra Computer? Leipzig/Jena/Berlin 1976
- Lundström, G., Glemme, B., Rooks, B. W., Industrial Robots-Gripper Review (Industrieroboter – Greiferumschau), Dearborn, Michigan 1979
- Maskevič, V. V., Zanimatel'naja anatomija robotov (Unterhaltsame Roboteranatomie), Moskau 1980
- Medvedev, V. S., Leskov, A. G., Juščenko, A. S., Sistemy upravlenija manipulacionnyh robotov (Systeme für die Steuerung manipulierender Roboter), Moskau 1978
- Michalski, R. S., Carbonell, J. G., Mitchell, T. M., Machine Learning – An Artificial Intelligence Approach (Lernende Maschinen – Eine Einführung in die künstliche Intelligenz), Berlin/Heidelberg/New York/Tokyo 1984
- Morgan, C., Robots – Planning and Implementation (Roboter – Planung und Einsatz), Berlin/Heidelberg/New York/Tokyo 1984
- Mortimer, J., Integrated Manufacture (Integrierte Fertigung), Berlin/Heidelberg/New York/Tokyo 1985
- Muldau, H. H. v., Mensch und Roboter, Freiburg/Basel/Wien 1975
- Müller, T., Automated Guided Vehicles (Automatisch geführte Flurförderzeuge), Berlin/Heidelberg/New York/Tokyo 1983
- Noda, K., Posobie po primeneniju promyšlennyh robotov (Lehrbuch für die Anwendung von Industrierobotern), Moskau 1975
- Paul, R., Robot Manipulators (Roboter manipulatoren), Cambridge 1982
- Paulin, G., Kleines Lexikon der Mikrorechentechnik, Berlin 1983
- Peipmann, R., Erkennen von Strukturen und Mustern, Berlin/New York 1976
- Petrov, B. A., Manipulatory (Manipulatoren), Moskau 1984
- Pleschak, F., Krejcik, P., Automatisierung aus ökonomischer Sicht, Berlin 1982

- Popov, E. P. u. a., Manipulacionye Roboty (Manipulierende Roboter), Moskau 1978
- Pugh, A., Robot Vision (Sichtroboter), Berlin/Heidelberg/New York/Tokyo 1983
- Raab, H. H., Handbuch Industrieroboter, Braunschweig 1981
- Ráanky, P. G., HO, C. Y., Robot Modelling – Control and Applications with Software (Robotermodellierung – Steuerung und Einsatz mit Hilfe von Software), Berlin/Heidelberg/New York/Tokyo 1985
- Rathmill, K., Robotic Assembly (Montagerobotertechnik), Berlin/Heidelberg/New York/Tokyo 1985
- Rathmill, K., MacConaill, P., Leary, S. Ó., Browne, J., Robot Technology and Applications (Robotertechnik und Anwendungen), Berlin/Heidelberg/New York/Tokyo 1985
- Ropohl, G., Flexible Fertigungssysteme, Mainz 1971
- Rössner, W., Materialflußgestaltung in Fertigungssystemen, Berlin/Heidelberg/New York 1981
- Scharf, P., Strukturen flexibler Fertigungssysteme – Gestaltung und Bewertung, Mainz 1976
- Schimke, E.-F., Planung und Einsatz von Industrierobotern, Düsseldorf 1978
- Schraft, R. D., Systematisches Auswählen und Konzipieren von programmierbaren Handhabungsgeräten, Mainz 1977
- Schwarz, W., Zecha, M., Meyer, G., Industrierobotersteuerungen, Berlin 1985
- Schweitzer, M., Taktile Sensoren für programmierbare Handhabungsgeräte, Mainz 1978
- Shah, R., NC-Guide (NC-Handbuch), Zürich 1979
- Simmen, R., Der mechanische Mensch, Zürich 1967
- Sinning, H., Steuerung und Regelung der Bewegungsachsen von Handhabungseinrichtungen, München/New York 1980
- Spur, G., Auer, B. H., Sinning, H., Industrieroboter – Steuerung, Programmierung und Daten von flexiblen Handhabungseinrichtungen, München/Wien 1981
- Spynu, G. A., Promyšlennyye roboty (Industrieroboter), Moskau 1985
- Spynu, G. A., Promyšlennyye Roboty – Konstruirovaniye i primeneniye (Industrieroboter – Konstruktion und Anwendung), Kiev 1985
- Steusloff, H., Wege zu sehr fortgeschrittenen Handhabungssystemen, Berlin/Heidelberg/New York 1980
- Tanner, W. R., Industrial Robots (Industrieroboter), Dearborn, Michigan 1979
- Timofeev, A. V., Roboty i iskustvennyy intellekt (Roboter und künstlicher Intellekt), Moskau 1979
- Volmer, J. (Hrsg.), Industrieroboter, Berlin 1981
- Volmer, J. (Hrsg.), Industrieroboter-Entwicklung, Berlin 1983
- Vukobratović, M., Šagajušćie roboty i antropomorfnye mehanizmy (Schreitroboter und anthropomorphe Mechanismen), Moskau 1976
- Vukobratović, M., Potkonjak, P., Scientific Fundamentals of Robots 1, Dy-

- namics of Manipulation Robots-Theory and Application (Dynamik von Handhabungsrobotern – Theorie und Anwendung), Berlin/Heidelberg/New York/Tokyo 1982
- Vukobratović, M., Stokič, D., Scientific Fundamentals of Robots 2, Control of Manipulation Robots (Steuerung von Handhabungsrobotern), Berlin/Heidelberg/New York 1982
- Vukobratović, M., Kirčanski, N., Scientific Fundamentals of Robots 3, Kinematics and Trajectories Planning of Manipulation Robots (Kinematik und Bahnplanung bei Handhabungsrobotern), Berlin/Heidelberg/New York/Tokyo 1985
- Vukobratović, M., Stokič, D., Kirčanski, N., Scientific Fundamentals of Robots 4, Non-Adaptive and Adaptive Control (Nichtadaptive und adaptive Steuerungen), Berlin/Heidelberg/New York/Tokyo 1985
- Vukobratović, M., Kirčanski, N., Scientific Fundamentals of Robots 5, Real-Time Dynamics of Manipulation Robots (Echtzeitdynamik bei Handhabungsrobotern), Berlin/Heidelberg/New York/Tokyo 1985
- Vukobratović, M., Potkonjak, V., Scientific Fundamentals of Robots 6, Applied Dynamic and CAD of Manipulation Robots (Angewandte Dynamik mit Hilfe von CAD bei Handhabungsrobotern), Berlin/Heidelberg/New York/Tokyo 1985
- Warnecke, H.-J., Schraft, R. D., Einlegegeräte zur automatischen Werkstückhandhabung, Mainz 1973
- Warnecke, H.-J., Schraft, R. D., Industrieroboter – Katalogband, Mainz 1980
- Warnecke, H.-J., Weiß, K., Zubringeeinrichtungen, Mainz 1978
- Warnecke, H.-J., Schraft, R. D., Industrieroboter, 2. Aufl., Mainz 1979
- Warnecke, H.-J., Löhr, H.-G., Kiener, W., Montagetechnik – Schwerpunkt der Rationalisierung, Mainz 1975
- Wilke, M., Im Zeichen der Roboter, Berlin 1984
- Woschni, E.-G., Kleines Lexikon der Mikroelektronik, Berlin 1984
- Young, J. F., Robotics (Robotertechnik), London 1973
- Žalnerovič, E. A., Titov, A. M., Fedosov, A. U., Primenenie promyšlennych robotov (Anwendung von Industrierobotern), Minsk 1984
- Žavner, V. L., Kramskoj, Z. U., Pogruzočnye manipuljatory (Belademanipulatoren), Leningrad 1975
- Zühlke, D., Offline-Programmierung numerisch gesteuerter Industrieroboter, Düsseldorf 1983